

LA LAVE DE VOLVIC

ET

SES APPLICATIONS DANS L'INDUSTRIE

THÈSE

POUR

l'Obtention du Diplôme de Docteur de l'Université de Nancy
(MENTION PHARMACIE)

Présentée et soutenue le Mardi 6 Novembre 1923

PAR

JEHAN GALLET

PHARMACIEN DE PREMIÈRE CLASSE

EX-PRÉPARATEUR DE CHIMIE

Né le 30 Juillet 1895, à Volvic (Puy-de-Dôme).

Examineurs de la Thèse.....	}	MM. FAVREL, <i>Président.</i>	}	<i>Juges.</i>
		DOURIS.....		
		JOLY.....		

LA LAVE DE VOLVIC

ET

SES APPLICATIONS DANS L'INDUSTRIE

THÈSE

POUR

l'Obtention du Diplôme de Docteur de l'Université de Nancy
(MENTION PHARMACIE)

Présentée et soutenue le Mardi 6 Novembre 1923

PAR

JEHAN GALLET

PHARMACIEN DE PREMIÈRE CLASSE

EX-PRÉPARATEUR DE CHIMIE

Né le 30 Juillet 1895, à Volvic (Puy-de-Dôme).



Examineurs de la Thèse.....

{	MM. FAVREL, <i>Président.</i>	{	<i>Juges.</i>
	DOURIS.....		
	JOLY.....		

Doyen : M. BRUNTZ, , , I , , , .

Assesseur : M. PASTUREAU, , .

Professeurs :

MM. FAVREL,  , I 	Chimie organique.
DOURIS,  ,  , déc. étrangère..	Toxicologie et Analyse chimique.
SEYOT,  ,  , 	Histoire naturelle.
PASTUREAU,  , 	Pharmacie chimique.
GRÉLOT,  ,  , I 	Pharmacie galénique.
BRUNTZ,  ,  , I  ,  ,  , 	Matière médicale.
LASSEUR,  , 	Microbiologie.

Agrégé libre :

M. GIRARDET, I 	Chimie et Toxicologie.
--	------------------------

Chargés de cours :

MM FAVREL,  , I 	Chimie minérale et Minéralogie.
PILLOT, I 	Physique.
BRUNTZ,  ,  , I  ,  , 	Zoologie.
BUSQUET, I 	Pharmacodynamie.
DOURIS,  ,  , déc. étrangère.	Chimie biologique.
GRÉLOT,  ,  , I  , 	Hydrologie.
VERNIER, I 	Hygiène.
RENARD, I 	Législation et Déontologie.

Chefs de travaux :

MM. CORDEBARD,  , 	Toxicologie, Chimie, Analyse chimique.
PILLOT, I  , chargé des travaux....	Physique.
GILLOT,  , 	Pharmacie.
MANGENOT.....	Micrographie.
VERNIER, I 	Microbiologie et Parasitologie.

Secrétariat :

MM. BERTRAND, I 	Secrétaire.
F. LAMBERT DES CILLEULS,  ,  , I 	Secrétaire honoraire.
ROVEL, I 	Secrétaire en disponibilité.

La Faculté a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend ni les approuver ni les imputer.

A MON ÉPOUSE

A MA FILLETTE

A MON PÈRE ET A MA MÈRE

A MA SŒUR

A TOUS MES PARENTS

A MES AMIS

A MONSIEUR LE PROFESSEUR DOURIS

*Qui a toujours été d'une si grande bonté à mon
égard et n'a cessé de me prodiguer ses conseils
et ses encouragements, j'adresse mes senti-
ments de profonde gratitude.*

La Lave de Volvic et ses applications dans l'Industrie

PLAN

AVANT-PROPOS.

PREMIERE PARTIE

Chapitre premier. — HISTORIQUE DE L'EXPLOITATION

Construction de la Cathédrale de Clermont.

Exploitation souterraine.

L'Ecole d'architecture.

Chapitre II. — LES VOLCANS DES PUYs

Historique de l'activité volcanique.

Géographie physique de la chaîne : orientation, nomenclature.

Le volcan de la Nugeyre.

Chapitre III. — LA COULÉE

Etude en profondeur ; coulées basaltiques et coulées andésitiques.

Puits Legay Chevallier.

Etude en superficie ; nomenclature des lieux d'exploitation.

Physionomie et mode d'exploitation d'une carrière.

Chapitre IV. — HYDROLOGIE, MINÉRALOGIE, CHIMIE

Les bassins hydrographiques des Dômes ; caractéristiques des eaux des régions volcaniques des Dômes.

Le Bassin de Saint-Genès ou Bassin de la Nugeyre. Analyse. Pétrographie et minéralogie.

Composition chimique des laves des Dômes comparativement aux laves de la Nugeyre.

Analyse des laves de la Nugeyre.

DEUXIEME PARTIE

Chapitre V. — LE SCIAGE ET L'ÉMAILLAGÉ DE LA LAVE

Historique.

Sciage : par lames, par disques au diamant, par disques au carborandum, par scie verticale.

Emaillage : en blanc, en couleur. Usage de la lave émaillée.

Chapitre VI. — APPAREILS INDUSTRIELS POUR LA CHIMIE

Qualités de résistance de la lave, mesure de cette résistance par des données analytiques.

Appareils de concentration pour SO_4H_2 .

Brevet Kessler, Perrin, Duron.

Brevet Gaillard.

Autres appareils pour usine d'acide sulfurique.

Appareils pour la fabrication de l'acide nitrique.

Appareils Kaltenbach pour la fabrication du brome.

Autres appareils pour l'industrie chimique.

La poudre de Volvic.

Avant-Propos

Au début d'un mémoire, la tradition veut que l'auteur exprime ses remerciements à tous ceux à qui il doit quelque reconnaissance.

Ma première pensée va donc vers tout ce que j'ai maintenant de plus cher au monde : vers mon Epouse, qui ne m'a jamais ménagé ses encouragements et ses bons conseils, et vers ma Fillette, sur le berceau de laquelle je me suis si souvent penché en composant ce travail.

Elle va ensuite vers mes chers Parents, vers mon Père et vers ma Mère : à eux je dois tout ce que je suis. Par une vie toute de probité et d'honneur, ils m'ont engagé dans la voie du devoir et m'y ont maintenu par une sollicitude et un dévouement qui ne cessent de m'accompagner.

Avec cette éclatante bonté dont il a inondé tous ceux qui l'ont approché, mon Père fut pour moi un guide et un véritable éducateur. Il me donna le goût de la carrière pharmaceutique et celui des sciences naturelles au cours de ces promenades dont le souvenir embaume encore mon existence, lorsqu'il m'initiait à la nature et m'intéressait à toutes ses créations et à toutes ses manifestations. Il me donnait les premiers éléments de ce travail quand, en découvrant à nos pieds le chaos volcanique des Cheyres de Volvic, il me contait l'histoire des éruptions en m'expliquant les éléments de la géologie.

Maintenant que je suis éloigné de cet heureux temps par le temps et par l'espace, j'aime à y revenir et à y occuper toutes mes pensées.

C'est ce que comprit si bien M. le Professeur R. Douris quand il me suggéra le sujet de cette thèse. Et je veux lui dire toute

ma gratitude pour les bonnes heures qu'il m'a fait vivre, en cherchant les éléments de ce travail. En me ramenant vers mon pays natal et en l'étudiant de plus près, il m'a procuré des joies intenses dont je lui suis infiniment reconnaissant. Et puis j'ai trouvé tant de dévouement, tant de spontanéité dans sa bonté rayonnante et dans sa science si étendue que de tout cœur, au début de ce travail, je lui dis merci.

Je tiens à avoir une pensée spéciale pour ma sœur qui, ayant eu l'idée de traiter au point de vue littéraire et historique le sujet que je considère au point de vue scientifique, m'a fait bénéficier des notes d'histoire d'où j'ai tiré mon premier chapitre.

Je prie M. le Professeur BRUNTZ, doyen de cette Faculté, d'agréer l'hommage de ma gratitude pour l'accueil vraiment cordial qu'il m'a fait quand je lui ai été présenté pour la première fois et pour toutes les facilités qu'il m'a accordées.

Mes remerciements s'adressent aussi à MM. les Professeurs FAVREL, président du jury, et JOLY, de la Faculté des Sciences, pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant de présider et d'examiner cette thèse.

Je me fais un devoir, en terminant, de remercier mes compatriotes : M. le Professeur GLANGEAUD, de la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand, dans l'ouvrage duquel j'ai trouvé des renseignements d'une importance capitale ; M. le docteur HUGUET, de l'École de Médecine et de Pharmacie de Clermont ; M. SYRE, directeur des Usines Teyssset, à Clermont, et M. SEURAT, propriétaire de l'Usine Saint-Martin, près Riom.

A tous ceux qui m'ont aidé j'adresse, au début de ce mémoire, un cordial remerciement.

PREMIÈRE PARTIE

La Pierre de Volvic

CHAPITRE PREMIER

Historique

L'histoire de l'exploitation et de la découverte de la lave de Volvic est liée à celle de la construction de la belle cathédrale gothique de Clermont-Ferrand (1).

La première pierre avait été posée par HUGUES DE LA TOUR, évêque de la ville. Les plans avaient été conçus par un célèbre architecte de l'époque, Jean DESCHAMPS. Les matériaux venaient péniblement du Puy de Thiolet situé à 25 kilomètres. La pierre était raboteuse, scoriacée, semblable à celle extraite aujourd'hui encore dans la région de Pontgibaud.

Hugues DE LA TOUR, parti pour les Croisades, laissa bientôt à son neveu, Guy DE LA TOUR, la mission de continuer son œuvre. Les travaux avançaient lentement ; quelques assises seulement étaient placées quand un événement fortuit lui apporta l'occasion de connaître une belle pierre : la lave de Volvic.

Le Seigneur DE BOSREDON, pour se procurer des matériaux de construction, avait fait attaquer le culot extrême de coulée de la Nugeyre. Là, il découvrit une pierre fine, à pores réguliers, facile à tailler. Il fit part de sa découverte à son voisin, l'évêque de Clermont, et lui conseilla d'en tirer profit. Dès lors une convention fut passée : moyennant vingt sols, Guy DE LA

(1) LEGAY-CHEVALIER. — *Notice sur les carrières de Volvic*, page 11. J. Barron, imp. Riom.

TOUR put extraire toute la pierre nécessaire. La redevance à payer, extrêmement minime, affirmait simplement les droits de propriété du Seigneur DE BOSREDON.

L'extraction commença, une première carrière fut ouverte à l'extrémité de la coulée. Elle était exploitée à ciel ouvert, sur une longueur de 200 mètres et une largeur de 30 à 40 mètres. Les carriers d'alors ne songaient à se procurer aucun agrès, aucun outil pour faciliter leur tâche et rendre plus commode le chargement des voitures. Ils effectuaient les transports par les villages de Sayat, Nohannent ; le mauvais état des chemins s'opposait au transport des blocs de fortes dimensions. La coulée pourtant devenait plus épaisse, elle effrayait les carriers en raison du grand découvert qu'ils devaient enlever à la hotte. Ils allèrent dans la plaine de Brulaveix et ils y ouvrirent de nouvelles carrières dont la couche de lave ne mesurait pas plus de six mètres d'épaisseur.

A cette même époque eut lieu l'ouverture d'une carrière en galerie souterraine. On peut la voir encore de nos jours. C'est maintenant une sorte de grotte artificielle appelée « Grotte du Laquais ». La légende prétend, en effet, qu'un laquais, aventuré dans les nombreux labyrinthes, s'y perdit et ne reparut plus.

Cette carrière souterraine fut exploitée par un nommé CORDIER, dont le nom est mentionné dans les archives. CORDIER doit être, à juste titre, considéré comme le premier carrier. Il obtint de meilleurs résultats que ceux qui exploitaient à ciel ouvert et cela grâce à la forte couche de lave.

Pendant un siècle, il y eut lutte entre carrières à galerie et carrières à ciel ouvert. Dans les unes, on visait les carrières à fond, dans les autres les points où la masse avait le moins d'épaisseur.

Bientôt apparurent les crics ; ces puissants auxiliaires permirent d'extraire et de débiter des blocs de fortes dimensions.

Jusqu'à la fin du onzième siècle, aucun trait intéressant n'est à signaler sur les carrières de Volvic. A cette époque une vogue de construction marque un grand développement pour l'industrie locale. En 1360, J. DE BERRY vint habiter la ville de Riom et se fait élever une superbe résidence sur l'emplacement actuel

du Palais de Justice. La chapelle du château subsiste encore et reste une des plus importantes curiosités de Riom : c'est la Sainte-Chapelle. Chaque seigneur voulut avoir aussi son hôtel auprès de Jean DE BERRY. Clermont imita Riom. Des artistes accoururent et vinrent prêter leur concours de tous les points de France. Ces monuments du quinzième siècle, la grande richesse artistique des villes de la Limagne, sont demeurés parfaitement conservés grâce à la résistance de la pierre de Volvic.

Depuis cette époque les carrières furent exploitées par plusieurs carriers. Les commandes étaient taillées sur place, la livraison lente, même pour les commandes de petite importance. Aucun entrepreneur n'eut la hardiesse d'occuper un grand nombre d'ouvriers. Ils se bornaient à avoir ceux qu'ils pouvaient guider et surveiller eux-mêmes. L'instruction générale, à plus forte raison l'instruction technique, faisait totalement défaut. Cette situation nuisit considérablement au développement du commerce. Celui-ci aurait pu être extrêmement prospère, Volvic étant le seul pays qui exploitait alors la pierre de construction. Il faudra attendre le dix-neuvième siècle pour trouver des améliorations notables à cet état de choses.

Une amélioration à Volvic

En 1812, le Comte DE CHABROL (1) devint préfet de la Seine ; il aimait beaucoup son pays natal et avait de bons amis pour lesquels il voulait faire tout le bien qu'il pouvait. Il s'était lié d'amitié avec un sieur BROSSON et l'engagea à se lancer dans une exploitation plus moderne et plus intelligente de la lave.

BROSSON suivit les conseils de son illustre compatriote ; il installa un atelier de taille assez important et pendant une dizaine d'années, en fabriquant principalement du dallage et de la bordure, qui étaient employés en grande partie pour daller les édifices publics et les trottoirs de Paris, il put, avec l'appui

(1) LEGAY-CHEVALIER. — *Notice sur les carrières de Volvic*, page 14. J. Barron, imp., Riom.

et le concours du Comte DE CHABROL, réaliser une certaine fortune en quelques années.

Le développement et l'extension des carrières allaient croissant, l'exploitation en galerie était délaissée, l'outillage perfectionné. Des grues étaient installées, la main-d'œuvre grandement épargnée et mieux utilisée. Plus de 500 ouvriers travaillaient alors à cette industrie, qui prospérait nettement.

Jusqu'en 1856, Volvic n'avait travaillé que pour les villes voisines, principalement Riom et Clermont. La pierre était également envoyée à Paris. Les transports n'étaient pas très coûteux ; ils empruntaient le canal latéral à la Loire, le canal de Briare, le canal du Loing et enfin la Seine.

L'inauguration du chemin de fer P.-L.-M. donna un élan au commerce local. De jeunes entrepreneurs se décidèrent à changer le mode de travail ; à l'imitation du sieur Brosson, ils installèrent quelques ateliers de taille qui donnèrent entière satisfaction. Les RIGAUD, les RETAIL devinrent réellement des entrepreneurs sérieux. Une mention particulière doit être faite à Michel CHANNEBOUX, artiste au vrai sens du mot, le plus marquant de cette époque, membre de l'Académie des Sciences, Lettres et Beaux-Arts de Clermont. Certains de ses travaux ornent aujourd'hui les places de sa ville natale et sont toujours très remarquables.

L'Ecole d'architecture

En 1820, le Comte DE CHABROL proposa au conseil municipal de Volvic la création d'une école d'architecture. Son but était de former de bons ouvriers tailleurs de pierre, des carriers, des appareilleurs, des contremaîtres, des sculpteurs et des entrepreneurs. C'était une école technique destinée à préparer l'extraction industrielle de la pierre de Volvic.

Tout à la fois laïque ou congréganiste, elle garde son caractère communal jusqu'en 1879, date à laquelle elle fut réorganisée et mise sous la dépendance du Ministère des Beaux-Arts, en devenant départementale.

La durée des études est de trois ans.

Le programme des cours comprend :

1° Un cours de mathématiques élémentaires avec application au dessin graphique.

2° Un cours de dessin graphique plus spécialement appliqué à la construction et au dessin élémentaire de l'architecture.

3° Un cours d'enseignement pratique de stéréotomie.

4° Un cours de dessin d'ornementation : figures, ornements d'après des modèles en plâtre.

5° Un cours de modelage.

Malgré ses imperfections et la modicité du budget, l'Ecole départementale d'architecture donne des résultats appréciables, les jeunes artistes qu'elle a formés se félicitent de leur passage et en profitent largement en occupant des situations qui leur donnent l'aisance. Quelques-uns même, partis au chantier comme simples ouvriers, ont pu, relativement jeunes, devenir entrepreneurs ou intéressés dans de grosses entreprises de la localité. L'élève qui a suivi sérieusement le programme est formé pour les deux genres de travaux exécutés à Volvic : la sculpture et la fabrication des appareils industriels.

Rien de bien particulier mérite notre attention jusqu'à la fin du dix-neuvième siècle. A cette époque, Jacques-Louis KESSLER substitua la lave de Volvic au platine, pour les appareils de concentration de l'acide sulfurique.

Cette découverte devait orienter l'industrie locale dans la voie industrielle qui, aujourd'hui, occupe presque totalement les carriers de Volvic.

CHAPITRE II

Les Volcans des Puys

Historique de l'activité volcanique

L'étude de cette succession de monts bizarres, détachés les uns des autres, qui forment la chaîne des Puys, leur simple vue même, nous ramènent instinctivement vers ces temps apocalyptiques où toutes ces bouches, aujourd'hui béantes, vomissaient de la lave en fusion.

Ces volcans frappent d'ailleurs par leur conservation à peu près parfaite et il est extrêmement étonnant, qu'avant le dix-septième siècle, personne n'ait pressenti cette activité. Aucun savant de l'Antiquité ou du Moyen-Age ne nous laisse la moindre trace qu'il aie soupçonné le drame qui se joua autrefois dans cette partie de l'Univers (1).

Aucun auteur ancien, ni CÉSAR, en écrivant ses « Commentaires de la guerre des Gaules », où il est maintes fois question de l'Auvergne ; ni Sidoine APPOLINAIRE, en labourant le sol de sa « villa », ne se sont doutés que les montagnes des environs aient été des volcans. Grégoire DE TOURS, lui-même, qui connaissait pourtant bien son pays, ne nous dit un mot du vulcanisme.

GUETTARD, ami de LAVOISIER, fut le premier, vers 1751, à signaler que les monts Dore aient été des volcans et en arri-

(1) Philippe GLANGEAUD. — *Les régions volcaniques du Puy-de-Dôme*, tome II : *La chaîne des Puys*, page 6. Librairie Polytechnique, Ch. Béranger, Paris, 1913.

vant à Riom, il remarque « que les maisons sont bâties en pierre de Volvic, qui n'en est éloigné que de deux lieues. La pierre de Volvic est la lave qui a coulé le long de la montagne ».

L'importante découverte de GUETTARD, après lui avoir été contestée par deux savants anglais, ne fit aucune impression sur l'opinion publique et on imprima même à Clermont que « les prétendues scories volcaniques n'étaient autre chose que des débris de fourneaux de forge établis dans les montagnes voisines par les Romains ».

Après GUETTARD, DESMARETS reprend ses opinions et aborde même une étude où il conclut qu'il exista trois époques dans l'activité volcanique de l'Auvergne. Le Comte de MONTLAUSIER fait ensuite paraître un traité sur la Théorie des Volcans en Auvergne. Il établit une classification des volcans en anciens et nouveaux.

RAMOND, au début du siècle dernier, apporte, dans un ouvrage sur le nivellement barométrique, les premières données précises sur l'ensemble de la chaîne et sur chaque volcan en particulier. Il distingue les Puy^s Domitiques anciens, des volcans modernes à cratère. Il commet une grosse erreur, en prenant, à tort, les Puy^s Domitiques pour les débris d'une chaîne provenant des Monts Dore^s et en partie détruite par l'érosion.

Enfin, de nos jours, les études très documentées de M. le Professeur GLANGEAUD, de la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand, ont mis complètement au point la question et constituent une œuvre unique. Ses études de paléontologie volcanique lui ont permis d'établir, en se basant sur les découvertes antérieures et sur la hauteur des coulées suspendues immédiatement au-dessus de la vallée de l'Allier, qu'il y avait eu dans la Limagne sept périodes d'activité volcanique s'échelonnant du miocène inférieur au quaternaire.

Géographie physique de la chaîne

L'ensemble de la chaîne montre une opposition flagrante par tous ses caractères avec les régions environnantes. Elle

constitue comme une fraîche parure surajoutée à un vieux sol. Les formes volcaniques sont admirablement conservées, comme si ces cratères venaient seulement de suspendre leur activité, tels les volcans les plus récents et malgré leur ancienneté géologique (1).

Dans toutes les coulées, on remarque un rythme de coulées successives séparées entre elles par des dépôts de cendres appelées pouzzolanes et aussi par les restes paléontologiques qui ont permis de constater que des animaux ont pu vivre entre les périodes d'activité.

Les Dômes ont chacun leur physionomie propre et originale, on peut dire qu'ils ont des personnalités caractéristiques. Qui-conque a appris à les connaître en les détaillant ne peut plus les oublier. La Nugeyre, avec son cratère à demi-égueulé, ne ressemble pas à son voisin le Puy de Jumes au cratère parfait. Louchadière, à la taille majestueuse, est le géant de cette partie extrême de la chaîne. Le Sarcouy, avec ses formes arrondies, a été dénommé le Chaudron ; Coquille ressemble tout à fait à un gigantesque fruit du coudrier. Il y a les petites taupinières : Tressoux, Tunuisset ; il y a les géants : le Puy de Dôme, Louchadière, Côme. Qui d'entre nous n'a pas cru voir une pyramide égyptienne en contemplant Pariou d'une des places de Clermont, par une soirée de juillet.

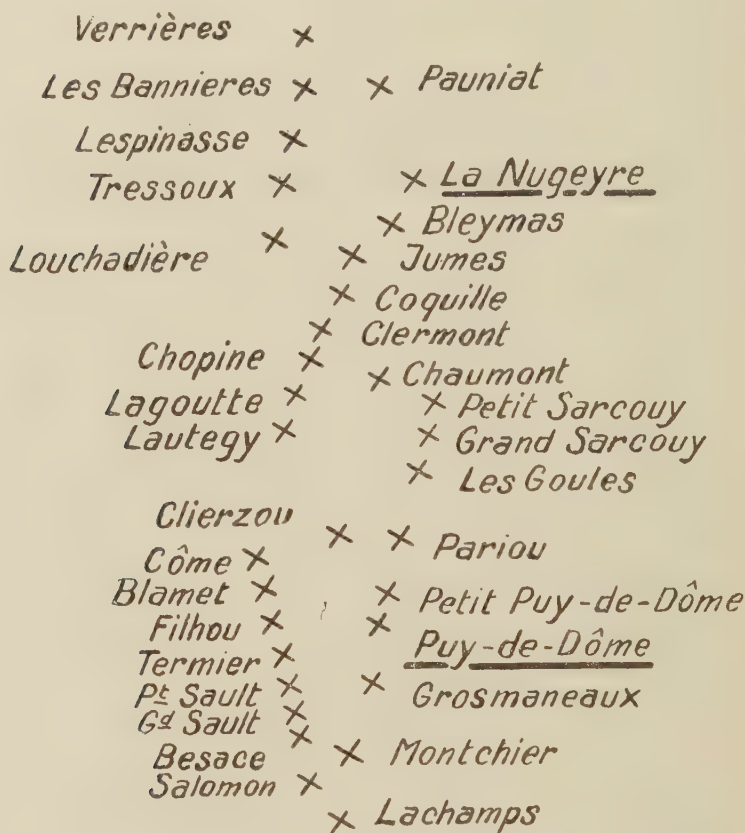
Orientation

La chaîne est nettement orientée dans une direction Nord-Sud parallèle à l'axe d'un anticlinal de même direction. La série des appareils éruptifs est disposée d'une façon non moins typique par groupes ou plutôt par files, et ces files forment à leur tour des chaînons.

Il y a trois chaînons principaux dont le plus au Sud est composé de deux branches en forme de V. Chacun de ces trois

(1) Philippe GLANGEAUD. — *Les régions volcaniques du Puy-de-Dôme*, tome II : *La chaîne des Puy*s, page 36. Librairie Polytechnique Ch. Béranger, Paris, 1913.

chaînon est relié au chaînon précédent par un puy disposé isolément et formant agent de liaison.



Schema de la disposition de la Chaine des Puy

Nomenclature

Le premier chaînon, comme l'indique la figure, est le plus au Nord. Il comprend les puy de :

- 1° Verrières ;
- 2° Les Bannières ;
- 3° Lespinasse ;
- 4° Tressoux ;
- 5° Louchadière.

L'agent de liaison est le *Puy de Pauniat*.

Le deuxième chaînon comprend :

- 1° La Nugeyre ;
- 2° Bleymas ;
- 3° Jumes ;
- 4° Coquille ;
- 5° Leyronne ;
- 6° Chopine ;
- 7° Les Gouttes ;
- 8° Lantegy.

L'agent de liaison est ici le *Puy Chaumont*. Chose caractéristique, ce Puy ressemble tout à fait au Puy de Pauniat comme physionomie générale et de Puy de Pauniat est celui qui sert également d'agent de liaison entre les deux chaînons précédents.

Le troisième chaînon, qui est en forme de V, comprend :

Dans la première branche	Dans la deuxième branche
Côme	Petit Sarcouy
Balmet	Grand Sarcouy
Filhou	Les Goules
Termier	Pariou.
Petit Sault	Petit Puy-de-Dôme
Grand Sault	Puy-de-Dôme
Besace	Grosmaneaux
Salomon	Montchier
Moreno	Laschamps
Montchard	Pelat

Entre les deux branches V de cette chaîne nous trouvons également un agent de liaison : le *Clierzou*.

La Nugeyre

Le seul volcan de la chaîne qui nous intéresse : la Nugeyre, est donc situé dans le deuxième chaînon et vers la droite de la chaîne (1).

C'est un des volcans les plus considérables comme masse, c'est également un des plus anciens. Il à 994 mètres d'altitude et domine nettement la Limagne. Il est très facilement accessible par un petit sentier qui chemine à travers un épais taillis de noisetiers. Ses pentes sont entièrement boisées et recouvertes de taillis de hêtre sur la pente septentrionale et d'une magnifique forêt de gros hêtres sur la pente méridionale.

La Nugeyre présente plusieurs particularités intéressantes, notamment plusieurs cônes adventifs, analogues à ceux que l'on observe sur les flancs de l'Etna et autres volcans modernes, toujours en activité, comme le Vésuve.

L'appareil éruptif comprend un cône principal, qui est boisé, de 150 mètres de haut et de 6 kilomètres de circonférence, terminé par un beau cratère de 82 mètres de profondeur, offrant deux échancrures sur le rebord oriental. Sans ces entrailles, ce cratère serait aussi beau que celui du Pariou ou de Jumes.

C'est sur le flanc oriental du cône principal qu'existent les trois cônes adventifs dont l'un, celui du Nord-Est, est le plus typique et forme un petit puy à part : le puy de la Louve. Il est égueulé à la façon du Puy de la Vache et a même fourni une petite coulée d'andésite allant rejoindre les coulées du cône principal.

On observe des projections basaltiques à la base, andésitiques à la partie supérieure, avec un peu de domite au Nord-Ouest du cône. Il faut noter également de nombreuses bombes à noyau d'olivine et des blocs de granit et de granite à amphi-

(1) Philippe GLANGEAUD. — *Les régions volcaniques du Puy-de-Dôme*, tome II : *La chaîne des Puys*, page 136. Librairie Polytechnique, Ch. Béranger, Paris, 1913.

bole. Les projections (pouzzolane) forment un placage intéressant de plus de vingt mètres d'épaisseur à l'Est d'un îlot granitique qui domine la gare de Völvic P.-O. La Compagnie d'Orléans exploite cette pouzzolane avec une grande activité. Le banc de sable semble suivre la montagne elle-même et, loin de diminuer, ne fait qu'apparaître des possibilités d'extraction plus grande. Cette pouzzolane est de très bonne qualité, d'un grain uniforme ; pas pulvérulente ; elle sert au ballast de la Compagnie. Il faut signaler également un autre gisement analogue, plus bas, qui est exploité par la Compagnie des chemins de fer de la Limagne.

CHAPITRE III

La coulée

L'étude de la coulée est intéressante à envisager au double point de vue superficie et profondeur.

1^o Étude en profondeur (Puits Legay-Chevallier)

Considéré ainsi, il n'y a pas une seule coulée, il y en a plusieurs. Elles forment un vaste champ, en partie imbriqué, et sont au nombre de six.

Rares, en effet, sont les volcans de la chaîne qui ont émis une seule coulée. Il en existe cependant et l'on peut citer : Tressoux, Chaumont. Le plus fréquemment, il y a eu deux ou trois coulées et jusqu'à huit successives pour Côme et Louchadière.

Elles se sont étalées largement ou superposées ; elles remplissent les vallées ou elles alternent avec des couches de projections volcaniques et des alluvions. Elles ont atteint, par exemple, une épaisseur de 80 mètres dans la coulée de Côme et 110 mètres dans celle de Louchadière.

A ce point de vue, d'utiles renseignements ont été donnés par des puits creusés en vue de rechercher l'eau potable, extrêmement rare dans des terrains aussi perméables : par exemple le puits Michelin pour la coulée de Côme (1).

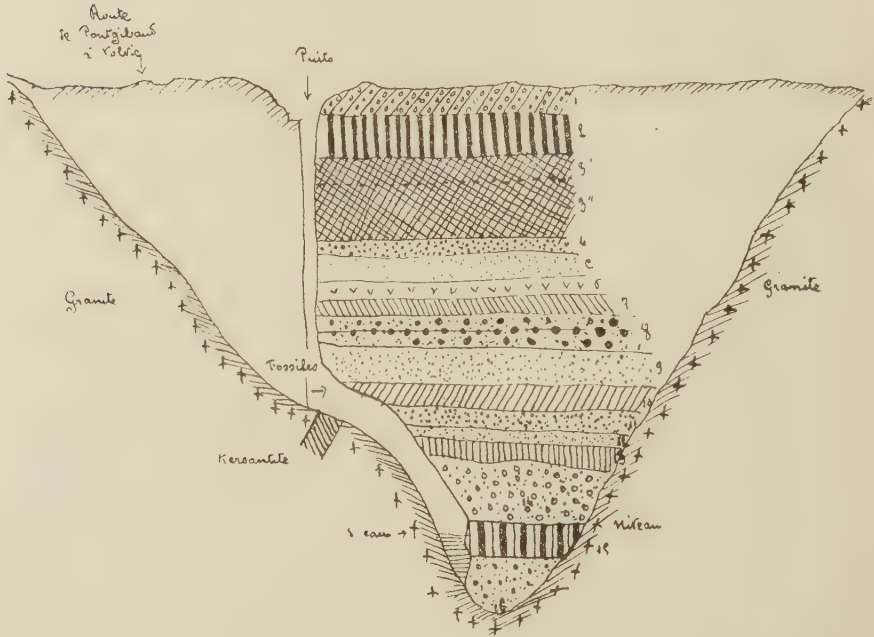
Pour la Nugeyre nous avons l'avantage d'avoir un travail du même genre. Un entrepreneur de Volvic, LEGAY CHEVALLIER (2), fit creuser un puits dans les coulées un peu au-dessous de la

(1) Philippe GLANGEAUD. — *Les régions volcaniques du Puy-de-Dôme*, tome II : *La chaîne des Puys*, page 101. Librairie Polytechnique, Ch. Béranger, Paris, 1913.

(2) *Ibid.*, page 139.

ligne Clermont-Laqueille, à droite de la route de Pontgibaud, à l'Ouest du village de Tourtoule, dans une vallée latérale à la vallée principale.

Coupe schématique du puits Legay-Chevalier à travers les coulées du volcan de la Nugère.



Ph. GLANGEAUD. — *Les régions volcaniques du Puy-de-Dôme. La chaîne des puy, page 139.*

1. Partie scoriacée ; 2. Andésite exploitée (3 m.) ; ces formations se voient dans la photographie (fig. 38) ; 3'. Andésite très dure non utilisable (4 m.) ; 3". Andésite poreuse, industrielle (7 m.) ; 4. Couche de projections scoriacées rouges (2 m.) ; 5. Pouzzolanes noires (3 m.) ; 6. Pouzzolanes et cendres bien stratifiées agglutinées en tufs ; 7. Coulée de basalte riche en olivine (3 m.) ; 8. Projections scoriacées ($\frac{1}{2}$ m.) ; 9. Pouzzolanes noires avec ossements de *Baults*, cerfs (?) (4 m.) ; 10. Coulée de basalte compact, riche en olivine (2 m.) ; 11. Couche de projections scoriacées rouges, avec sable granitique ; 12. Pouzzolanes noires et cendres ; 13. Coulée de basalte feldspathique (0 m. 75) ; 14. Couche de projections scoriacées rouges ; 15. Coulée de basalte (3 m.) ; 16. Projections (cendres, pouzzolanes) et graviers granitiques avec alluvions au fond. La nappe aquifère du fond du thalweg s'élève jusqu'au milieu de la coulée basaltique.

Ce travail, qui n'a pas servi beaucoup pour la fin en vue de laquelle il avait été exécuté, est pour nous d'un intérêt de premier ordre. Il avait été fait pour rechercher l'eau potable destinée à alimenter Volvic. Cette petite ville est souvent privée d'eau, ses fontaines n'utilisent que le produit d'une source émergeant à Volvic, sous la coulée d'andésite, et dont le débit

est de 15 à 35 litres. Cette eau très pure, manque souvent à l'arrière-saison, lorsque l'été a été sec. Il serait désirable que des travaux soient faits pour fournir à la population une quantité d'eau supérieure.

Ce puits Legay-Chevallier nous donne une coupe très instructive sur le nombre et la qualité des coulées successives. (Fig. 2.)

Sa profondeur atteint environ 60 mètres, une faible quantité d'eau avait été découverte à 58 mètres.

Au point de vue paléontologique, une trouvaille du plus haut intérêt a été faite à 40 mètres de profondeur. On rencontre à cet endroit le granit et un filon de kersantite. Au contact même de ces formations, sous les projections d'une couche formée de pouzzolane, on a recueilli des débris d'ossements ayant appartenu à des cerfs et à des bœufs. C'est la preuve, qu'entre deux épisodes éruptifs du volcan de la Nugeyre, les animaux pouvaient circuler sur les coulées refroidies et très probablement recouvertes de végétation.

D'autre part, ce sondage permet d'estimer à 80 mètres l'épaisseur totale des coulées dans la vallée principale.

Il existe deux sortes de coulées : les coulées inférieures sont basaltiques, les coulées supérieures andésitiques.

Il y a quatre coulées basaltiques superposées s'étendant sur huit kilomètres de longueur. Elles ont dépassé Volvic et se sont étalées largement jusqu'à Marsat et même jusqu'à Mozac.

La coulée supérieure émerge à Volvic, sous la coulée d'andésite qui forme un front à l'Est de cette ville. Elle s'est principalement étalée vers le Sud-Est, dans la direction du Puy Marcoing et de la Chabanne où sortent les abondantes sources de Bessat. Cette coulée est constituée par du basalte très feldspathique riche en olivine.

La coulée moyenne atteint Saint-Genès-l'Enfant. Elle est formée de basalte compact. A son extrémité, au Nord du château de Saint-Genès, se trouve un étang d'où sort un ruisseau assez important, qui va se jeter dans l'Ambène.

La coulée inférieure domine immédiatement le ruisseau de Volvic et l'affluent de l'Ambène : elle se termine à Marsat et à Mozac.

Il faut signaler une quatrième coulée basaltique, supérieure

aux trois précédentes, qui n'affleure que sur le versant septentrional de la vallée, au pied du Puy de la Bannière, sous la forme d'un bourrelet de quinze mètres de hauteur parallèle au bord du thalweg. Elle domine la coulée supérieure d'andésite qui le recouvre vers les premières carrières. Ce courant de lave est constitué par un basalte riche en phénocristaux d'olivine et d'augite.

Les coulées andésitiques sont au nombre de deux. Elles n'atteignent pas Volvic et recouvrent les précédentes coulées basaltiques.

Elles sont séparées de ces deux dernières par une couche de scories rouges et par deux couches de pouzzolane ; la première de bonne qualité très noire, la seconde mélangée de cendres stratifiées en turfs. Elles forment des cheyres.

Contrairement aux coulées basaltiques, la coulée supérieure recouvre la coulée inférieure et la dépasse. Ce sont celles qui sont exploitées activement dans de nombreuses carrières depuis la base du cratère, jusqu'à Volvic.

2° Etude en superficie

Les coulées sont sorties des flancs et non de la base du cône éruptif, ce qui est rare dans les volcans de la chaîne. Elles sont venues de trois points différents correspondant à deux demi-cratères.

A ces différentes coulées correspondent des lieux d'exploitation de pierre de qualités différentes.

Un premier courant, issu d'un demi-cratère, s'est épanché au Nord-Est et a formé les carrières des *Têtes*. On extrait de là une pierre très dure et généralement bonne. Dans cette coulée, également, se trouvent les carrières appelées les *Creux*, produisant une lave à grains réguliers, d'un ton verdâtre, très dure et bonne. Cette pierre est réservée aux constructions, moulures, sculpture et appareils industriels. Cheminant sans interruption, ce courant se divise en deux branches.

La première, très courte, a formé les carrières des *Cheyres-Basses* par lesquelles ce filon rejoint ceux du premier demi-

cratère. Il avait très peu de pierres et l'extraction y est en partie abandonnée.

Un îlot granitique, mamelon élevé du terrain primitif, a obligé ce courant à se scinder en une seconde branche. Nous rencontrons, sur cette branche, les carrières de *Luzet*, où se produit actuellement l'exploitation la plus intense pour la Compagnie de Saint-Gobain.

La lave y est généralement d'un travail facile, mais elle présente des soufflures, indiquant un bouillonnement probable de la lave. On peut les attribuer à l'eau d'un ruisseau qui existait au fond de la vallée. La lave en ébullition transformait cette eau en vapeur qui s'échappait au travers de la masse.

Par une vallée étroite, le courant arrive dans la grande plaine de *Brulaveix*. Cette lave, en partie épuisée, était excellente et servait aux monuments.

On remarque encore un troisième point d'éruption, beaucoup mieux caractérisé que les autres. Il forme un petit puy distinct appelé Puy de la Louve. La lave de ce petit cratère va rejoindre immédiatement la lave de la Nugeyre. C'est en somme un des soupiraux de la masse dont il fait partie.

On remarque enfin deux autres petits cratères derrière le Puy de la Louve ; ce sont les signes d'une activité qui a dû durer longtemps en diminuant progressivement.

Physionomie d'une carrière

Cette magnifique coulée de lave est devenue l'objet d'une immense exploitation, qui a permis d'étudier sa structure à peu près sur tous les points. La différence de qualité vient de la proportion de gaz renfermés en la pierre au moment de l'éruption. Elle provient aussi des conditions de son refroidissement et de l'activité avec laquelle le volcan l'a vomie (1).

(1) LEGAY-CHEVALIER. — *Notice sur les carrières de Volvic*, page 9. Barron, imp Riom.

L'épaisseur de la couche de lave exploitable ou marchande varie avec chaque carrière ; elle est de cinq à huit mètres, mais on peut compter sur une moyenne ferme de six mètres environ. Les carriers distinguent plusieurs qualités de lave.

Si on suppose une coupe de haut en bas, ce qui est facile à voir dans une exploitation en activité, on a la superposition suivante :

1^o) Une petite couche de terre végétale recouverte de bruyères, genêts, framboisiers, bouleaux et noisetiers. Dans quelques carrières, la végétation, à défaut de terre, est complètement absente ; elle est remplacée par un amoncellement de grosses pierres scoriacées appelées « curins » par les gens du métier. C'est, généralement, l'indice d'une bonne exploitation. Ce curin est une véritable écume de la masse de lave qui descendait en bouillonnant des flancs de la Nugeyre avec une fluidité parfaite et à une grande température.

2^o) Immédiatement au dessous, vient une lave dure et compacte, formant une couche homogène de un à deux mètres d'épaisseur mais inexploitable.

3^o) Cette lave dure, passe insensiblement à une couche importante, poreuse ; la pierre à petits grains, à pores petits, nombreux, est facile à tailler : c'est la lave de première qualité pour les travaux industriels et la sculpture. Elle ne s'exploite qu'à des épaisseurs relativement fortes, proportionnellement à la largeur des blocs. Il est bien difficile d'en obtenir des plafonds.

Cette couche de pierre de premier choix occupe environ le tiers de la hauteur de la lave exploitable, elle se trouve séparée du reste de la coulée par une fissure horizontale légèrement inclinée suivant la pente du sol. Cette fissure joue un grand rôle dans l'exploitation ; elle est connue sous le nom de « levée » ; elle est vulgairement appelée « levaïson » par les carriers.

Jusqu'à ce niveau, la pierre ne se débite pas toujours suivant le désir de l'ouvrier, mais, une fois arrivé au-dessous de la levaïson, le carrier habile est à peu près certain de trancher où et comme il veut. Pour cela il faut suivre rigoureusement les pores de la pierre, formés dans le sens de la coulée de lave.



VUES DE CARRIÈRES A VOLVIC

Plus on descend dans la couche, plus la lave « délite » bien et plus les pores grossissent.

On trouve dans les carrières, au milieu de la couche, une épaisseur de lave qui a une structure presque cellulaire, régulièrement boursoufflée et souvent même les cavités cellulaires communiquent entre elles. Cette pierre peu estimée ne s'emploie qu'à des travaux grossiers ; son épaisseur est des plus variables. Beaucoup de carrières sont exemptes de cette mauvaise qualité, d'autres n'en ont que quelques décimètres. Cependant, dans certaines carrières, cette couche de lave cellulaire atteint le tiers et même la moitié de la hauteur totale de la pierre bonne à tailler. Les carriers donnent à cette couche le nom de « ceinture ».

Au-dessous de ce niveau, la lave comprimée par les couches supérieures reprend des pores petits et nombreux, délite facilement et par cela même permet d'extraire des plafonds ou du dallage se laissant facilement travailler. Elle présente alors à nouveau les caractéristiques d'une très bonne pierre de taille. Il y a cependant quelques exceptions dans beaucoup de carrières n'ayant que peu ou pas de ceinture, la lave perd en qualité au fur et à mesure que l'on descend. Dans ce cas, la mauvaise qualité prend le nom de pierre du fond ; elle est très dure à tailler et s'emploie généralement pour les travaux de dallage.

Enfin, au-dessous de cette pierre du fond, on rencontre une pierre que peu d'outils ne sauraient attaquer. On ne l'exploite jamais ; ce n'est que par curiosité que quelques carriers ont voulu braver cette couche, peu épaisse d'ailleurs, et qui repose sur des cendres volcaniques.

Toutes ces assises constituent un massif de 10 à 20 mètres d'épaisseur, lequel recouvre un sol argileux de 2 décimètres au plus, représentant sans doute la terre végétale de l'époque volcanique.

Il est à remarquer que l'on rencontre encore au-dessous une lave pyroxénique très dure et compacte qui indique une coulée antérieure et différente par sa nature. Peut-être a-t-elle été vomie par la Nugeyre ou appartient à quelques cônes voisins.

C'est cette lave qui sort à Volvic au-dessous de la première coulée d'andésite.

Les fissures ou levaison dont nous avons parlé plus haut sont dues aux rétrécissements produits par des refroidissements successifs de la coulée ; elles occasionnent naturellement un grand préjudice dans l'exploitation en limitant la grandeur des pièces à extraire à une certaine dimension. Pour cette raison, toutes les carrières ne peuvent produire des blocs de grosses dimensions, de même qu'elles ne peuvent fournir des plateaux de faible épaisseur.

Exploitation d'une carrière

Pour l'ouverture d'une carrière, on opère généralement de la façon suivante (1) : On procède d'abord à la découverte, c'est-à-dire au nettoyage du terrain recouvrant le banc que l'on désire exploiter. On enlève tout ce qui recouvre la surface du sol : arbres et autre végétation. On pratique ensuite le dérochage qui permet d'atteindre la lave utilisable. Le dérochage comprend l'extraction des scories et de la lave mélangée à ces scories (lave scoriacée) qui constitue en somme l'écume de la coulée.

Ces travaux se font de préférence en hiver, pour utiliser la main-d'œuvre disponible par suite de l'arrêt momentané de l'extraction proprement dite de la pierre. La lave à la sortie de la carrière est en effet humide et les blocs extraits en hiver par de fortes gelées risqueraient d'éclater par suite de la dilatation de l'eau qu'ils contiennent.

Le dérochage se fait à l'aide de pics et de coins ; on emploie aussi la mine, mais pour ce travail préliminaire seulement. Lorsque la lave est atteinte, on procède à son extraction en se servant de coins en fer ou en acier. C'est le travail le plus délicat, il ne peut être exécuté que par des ouvriers spécialistes et on ne peut songer à se servir à ce moment et à cet endroit

(1) I. LAZENNEC. — *L'Industrie chimique*, 9^e année, n° 104, page 390, sept. 1922.

d'explosifs qui briseraient en de trop nombreux fragments les bancs qui sont déjà suffisamment délitables du fait de leur état naturel.

Pour effectuer l'extraction proprement dite, on pratique dans la pierre, à l'aide de pics ou de puissantes aiguilles, une saignée en enclave, en forme de V. On ajuste dans cette enclave des coins que l'on ne fait pas porter au fond de l'enclave, mais seulement sur les deux côtés. On frappe fortement sur les coins avec des masses en acier et la pierre se fend.

Le bloc ou le plateau (bloc, si c'est un cube massif ; plateau, si c'est un parallélipède de faible épaisseur et de larges dimensions) est levé et légèrement déplacé à l'aide de levier de manière à pouvoir passer une chaîne. A l'aide de grues, on le transporte ensuite sur la descente de la carrière où il subit les dégrossissements nécessaires suivant les dimensions de taille que le bloc peut fournir.

Les carrières actuellement exploitées à Volvic sont au nombre d'environ soixante et occupent 300 ouvriers qui montent chaque matin de la ville ou viennent des villages de Moulet, Marcenat, Pauniat, Tourtoule, etc.

Les principaux chantiers de taille se trouvent aux abords immédiats de Volvic ; on en compte une vingtaine qui occupent environ 700 ouvriers.



VUE D'UN CHANTIER A VOLVIC

CHAPITRE IV

Hydrologie - Minéralogie - Chimie

a) **HYDROLOGIE**

1° Les bassins hydrographiques dans les Puys

La question hydrologique est très intéressante, elle explique l'émergence en des points donnés de véritables ruisseaux souterrains ; elle explique encore comment ces cours d'eau correspondent à chaque groupe de puys et de coulées.

Il importe en effet de se représenter cette région comme formée de deux sous-sols : le soubassement primitif et le dépôt volcanique consécutif. Le premier avait une configuration établie avec des élévations de terrains et des dépressions ; chaque bassin actuel correspond donc à d'anciens cirques d'érosion du terrain primitif. Il y a relief perméable sur relief imperméable. Ils sont séparés entre eux par les lignes de faite granitiques qui délimitaient les anciennes vallées.

A des groupes de puys et de coulées correspondent donc des bassins hydrographiques déterminés et parfaitement limités.

Il y a, par exemple, le bassin de la Veyre qui correspond aux Puys de Lassolas, la Vache et Charmont. On peut citer également comme important le Bassin du Pariou, correspondant au Puy du même nom ; il alimente la vallée de Nohannent. Le Bassin du Bédât montre une disposition convergente typique des coulées qui ont comblé les anciens lits des ruisseaux d'un cirque d'érosion. Il débute au col des Goules et englobent les Puys de Chopine, Coquille, Jumes, Bleymas et Raviolle. Le groupe volcanique Sarcouy, Goules, Chaumont est inclus dans ce bassin voisin du Puy de la Nugeyre. C'est un îlot granitique

situé près du village d'Egaules, dans la commune de Volvic qui sépare deux anciens vallons du cirque primitif d'érosion. Ce bassin donne les sources de Sayat, Argnat-Egaules et Malauzat. Ces dernières alimentent aujourd'hui la station thermale de Châtel-Guyon en eaux potables.

Le bassin voisin qui nous intéresse surtout est le Bassin de la Nugeyre.

2° Le bassin de la Nugeyre

Ce n'est pas le plus vaste, mais c'est le plus riche en eau de toute la chaîne des Puys. Il contribue à alimenter les affluents du ruisseau de Volvic et de l'Ambène.

Il ne comprend pas seulement la Nugeyre, mais tout le groupe volcanique du nord de la Chaîne des Puys, depuis la Nugeyre jusqu'à Louchadière, au Puy de Verrières et aux hauteurs granitiques de Moulet et de Viallard. Le seuil de séparation d'avec un versant voisin est situé au col entre Lespinasse et Vauriat. L'épaulement de l'ancien cirque d'érosion est marqué par deux îlots granitiques qui se trouvent à l'est et à l'ouest de la gare de Volvic P.-O. Il existe même une vallée rayonnante de petite importance, délimitée par l'îlot ouest et les hauteurs de Tourtoulle ; c'est dans cette vallée que fut creusé le puits Legay Chevallier dont nous avons déjà parlé.

La vallée principale a été complètement remblayée par la grande coulée de lave de Volvic sur une hauteur de 80 mètres. C'est là que se trouvent les principaux lieux d'exploitation de carrières.

Mais la masse des eaux a traversé toutes les coulées, andésitiques et basaltiques, et c'est à leur terminaison que seront les sources.

Elles émergent en plus de vingt endroits différents sur le front des coulées basaltiques qui sont, comme nous l'avons vu, les plus inférieures.

On peut citer :

1° Les sources de Bessat qui émergent à environ 3 kilomètres du bourg de Volvic et au sud-est. Ce ne sont pas les plus importantes ; elles alimentent un ruisseau qui va se jeter dans l'Ambène, près de la gare de Riom ;

2° Les sources de Saint-Genès sont les principales ; elles sont des sources volcaniques caractéristiques. Elles sortent à la base d'une petite hauteur, forment un étang et débitent 450 litres à la seconde. Elles sont utilisées par la ville de Riom qui peut être donnée comme exemple de ville bien favorisée au point de vue alimentation en eaux potables : chaque habitant dispose de 200 litres pour sa consommation quotidienne. Le trop-plein de ces sources actionne les moulins de Saint-Genès et des Moulins-Blancs ;

3° Les sources de Marsat, au nombre de quatre, ont un débit moindre : 150 litres à la seconde ;

4° Les sources de Mozac, au nombre de trois, ne donnent que 17 litres à la seconde (1).

Le débit total de ces sources est de plus de 650 litres à la seconde, ce qui correspond à un débit total d'environ 55.000 litres à la minute. D'après les jaugeages de MM. PEYROUX, CLAYETTE et LAGUGIE, elles donneraient au minimum 45.000 mètres cubes.

Cette masse d'eau passe entièrement sous Volvic, à environ 60 mètres de profondeur vraisemblablement en une seule nappe, qui ne se diviserait que plus bas, en arrivant dans la plaine, exception faite des sources de Bessat.

Il existe d'ailleurs à Volvic, dans une cave appartenant à la famille CORDIER, située dans le quartier de Saint-Julien, un gouffre qui correspondrait à cette nappe souterraine.

Caractéristiques hydrographiques de ce Bassin

Comme dans tous les bassins des Puys, et peut-être plus que dans les autres, nous retrouvons les caractéristiques propres à l'hydrologie volcanique (2).

(1) Philippe GLANGEAUD. — *Les régions volcaniques du Puy-de-Dôme*, tome II : *La chaîne des Puys*, page 140. Librairie Polytechnique, Ch. Béranger, 1913.

(2) Philippe GLANGEAUD — *Les régions volcaniques du Puy-de-Dôme*, tome II : *La chaîne des Puys*, page 63. Librairie Polytechnique Ch. Béranger, Paris, 1913.

1° Rôle régulateur du volcan

Si l'adjonction des appareils et coulées volcaniques n'a pas modifié le réseau hydrographique, il n'en est pas de même du débit des cours d'eau souterrains drainant ces territoires.

Le nouveau relief a amené en effet une augmentation des chutes de pluie et les expériences météorologiques de M. PLUMANDON faites à Orcines, au pied du Puy de Dôme et au sommet du Puy de Dôme sont également valables pour le bassin qui nous occupe. Ce météorologiste a constaté une chute de 832 millimètres à Orcines et de 1.150 millimètres à 1.465 mètres d'altitude. C'est dire que pour 1 mètre d'altitude, à partir de 832 mètres, il tombe environ 1 millimètre d'eau en chiffre rond. Si nous admettons donc que la hauteur moyenne des appareils éruptifs des puys intéressant notre bassin soit de 1.050 mètres et celle de leur soubassement 800 mètres, on aura environ 250 millimètres d'eau tombant en plus sur toute la superficie de ce bassin, soit sur une surface de 10 kilomètres carrés :

$$10 \times 3 \times 0,250 = 7 \text{ millions et demi de mètres cubes.}$$

Cette quantité est environ le cinquième de celle qui tombe dans la même portion de la Limagne.

Malgré l'augmentation de la quantité d'eau qui tombe, les rivières souterraines n'ont pas un débit torrentiel. C'est en ce sens que les puys jouent un rôle régulateur. En effet, les appareils éruptifs et les coulées à travers lesquelles s'infiltrant et sous lesquelles elles circulent, diminuent considérablement son évaporation. En condensant la vapeur d'eau, en empêchant ensuite son évaporation, en diminuant considérablement sa vitesse dans le parcours souterrain, les puys régularisent toute l'hydrologie volcanique du lieu.

Aussi les sources qui émergent à la fin des coulées ont un débit régulier et constant qui leur permet d'alimenter plusieurs villes importantes dont Biom et Châtel-Guyon et d'irriguer les prairies, à sol pourtant naturellement desséché, de Marsat.

2° Rôle de filtration et de refroidissement

Toute la coulée joue le rôle d'un immense filtre à travers lequel circulent les eaux avant d'arriver à leur point d'émer-

gence. Le filtrage se fait surtout dans les couches de scories, à travers les projections et les coulées toujours scoriacées à la base et à la partie supérieure. S'il n'existe pas de cause de contamination sur leur parcours souterrain, ces eaux sont d'une pureté parfaite et sont très recherchées par les populations environnantes.

Elles possèdent également une autre propriété qui est une des qualités essentielles d'une bonne eau potable, c'est la fraîcheur due à ce qu'elles proviennent des régions élevées, à l'évaporation constante considérable qui produit un véritable refroidissement souvent très grand. La température de ces eaux varie peu, elle est moins élevée que celle des sources archéennes et granitiques émergeant dans leur voisinage. C'est ainsi que les eaux d'une source située au village du Lac, à la ferme Barrière, et celle qui alimente le lavoir situé au bord de la route de Châtel-Guyon au même village ont une température bien plus élevée et peuvent être même considérées comme thermales. En hiver comme en été, leur température oscille entre 15 et 23°.

Le mécanisme probable de cette fraîcheur que Lecoq expliquait par l'existence probable de forts courants d'air souterrains très froids, dont il n'indiquait d'ailleurs pas la provenance, peut être dû aux phénomènes suivants :

On sait qu'il existe une active circulation d'eau sous les coulées qui se sont étendues dans les vallées ou dans les parties marécageuses basses. En certains points, la couche de scories ou de laves scoriacées recouvrant la nappe aquifère peuvent devenir très minces. En raison de leur porosité, elles s'imbibent de liquide, presque à la façon d'une éponge ou d'une terre d'alcarazas.

Si, sous l'influence de la chaleur, la température de la surface de la lave s'élève, il se produira une véritable aspiration de l'eau de la profondeur à la surface par suite de l'évaporation superficielle. Cette évaporation amènera un refroidissement qui pourra être assez considérable pour refroidir ou même congeler l'eau montée par capillarité. Ce phénomène de congélation s'opère d'ailleurs nettement dans une coulée voisine de celle de la Nugèvre, au camp de Chazaloux et aux environs de Chambois, près de Pontgibaud. L'eau qui alimente Volvic est si froide

qu'il est impossible dans la belle saison, d'y maintenir sa main plus de cinq minutes. En juillet, à midi, nous avons pris la température de l'eau d'une des fontaines de Volvic : elle était de 5°.

Cette hypothèse semble bien exacte parce qu'il y a production d'eau très fraîche ou de glace lorsque l'évaporation est le plus active, c'est-à-dire pendant les plus fortes chaleurs de l'été.

3° Caractères des eaux du bassin de la Nugeyre

L'analyse de ces eaux comparativement à celle de sources provenant d'un terrain granitique ou de la Limagne, donnera ces caractères.

Cependant, d'une manière générale, on peut dire que :

a) La température de ces eaux est plus basse, à égalité d'altitude, que celle des terrains granitiques comme nous venons de le voir ;

b) Elles ont un degré hygrométrique total très élevé. L'extrait sec subit des variations analogues ;

c) Leur teneur en silice, chaux et magnésie est élevée également parce qu'elle circule au milieu de roches volcaniques riches en chaux et en magnésie.

M. Gros, pharmacien à Clermont-Ferrand, ancien directeur du laboratoire municipal, a fait les analyses très complètes des eaux de sa région. Voici celle des sources du Bassin de Saint-Genès comparativement à celles de la Limagne et à celles de terrains granitiques :

Analyse des eaux de Saint-Genès

	Saint-Genès	Baffie (granit)	Limagne
Degré hydrot. total.....	8°9	3°4	26°8
Degré hydrot. permanent.	2°5	2°6	5°5
Extrait sec 100°.....	0,081	0,084	0,418
Silice	0,022	0,015	0,043
Chaux	0,039	0,013	0,209
Magnésie	0,003	traces	0,014
Chlore	—	0,005	0,009
Acide nitrique en AzO ³ H.	traces	0,009	0,039

Les eaux des volcans des Monts Dorés sont bien moins riches en silice, chaux et magnésie que les eaux de la Nugeyre et de puy en général. Ces dernières traversent un milieu beaucoup plus riche en ces matières (andésites, basaltes).

b) MINÉRALOGIE

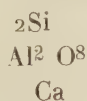
C'est Michel LÉVY qui a donné les études les plus intéressantes sur la pétrographie volcanique après que Von LASAULX en eût donné les premières notions.

La composition des roches constituant les andésites ou les basaltes sont feldspathiques ; ce sont par conséquent des silicates complexes.

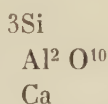
La formule est : $R-Si\ O^2-Al^2\ O^3$.

Le groupe des feldspaths peut se subdiviser en six espèces qui se distinguent entre elles par leur composition chimique et par la quantité d'oxygène qui va croissant du premier au sixième. En effet, on a :

1° Anorthite = O^8 silicate d'alumine et de chaux



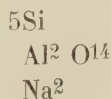
2° Labradorite = O^{10} silicate d'alumine et de chaux avec un peu de soude et de faibles traces de fer, magnésie et potasse



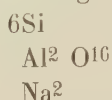
3° Andésine = O^{12} silicate d'alumine de chaux et de soude avec un peu de potasse et de magnésie



4° Oligoclase = O^{14} silicate d'alumine et de soude avec un peu de chaux, potasse et magnésie



5° Albite = O^{16} silicate d'alumine et de soude avec un peu de potasse, chaux et magnésie



Forme cristalline : prisme anorthique.

6° Orthose = O^{16} .

Même composition que l'albite mais cristallisation différente, en prisme clinorhombique.

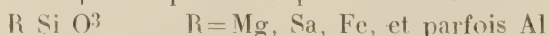
On ne peut pas donner aux laves de la Nugeyre de formule définie, leur composition minéralogique varie avec les gisements et avec les différentes couches des gisements.

Constitution des andésites

On peut dire cependant que, en général, ces andésites sont périclitiques, fréquemment augitiques et à hornblende.

Le périclit est un silicate de magnésie de la formule $Si O^4 Mg^2$. On le désigne aussi sous le nom d'olivine.

L'augite est un pyroxène, c'est-à-dire un silicate complexe variable, tantôt de magnésie, de chaux de fer et parfois d'alumine que l'on peut représenter par la formule



L'augite est un pyroxène alumineux dans lequel la proportion de fer est supérieure à 5 % sans pourtant s'élever au-dessus de la proportion de magnésie.

La hornblende est une amphibole (pyroxène à forme cristalline différente), dans laquelle l'oxyde ferreux est parfois de 12 % et peut donner jusqu'à 36 %.

Il faut signaler la présence d'andésine qui se présente tantôt sous formes de lamelles aplaties et sous formes de microlites oligoclasiques quatre fois plus petits que les lamelles ? Ces laves renferment encore de l'hématite et, suivant GONNARD, de la martite et du mica blond.

La martite est un sesqui oxyde de fer qui serait une des formes de dimorphisme de l'hématite (1).

(1) Philippe GLANGEAUD. — *Les régions volcaniques du Puy-de-Dôme*, tome II : *La chaîne des Puys*, page 141. Librairie Polytechnique, Ch. Béranger, Paris, 1913.

Constitution des basaltes

Les basaltes supérieurs sont riches en cristaux de péricot en grandes lamelles de labradorite et en microlites de labradorite.

La coulée moyenne est moins bien cristallisée. Les cristaux de péricot y sont rares ; les $\frac{3}{5}$ de la roche sont constitués par des basaltes très feldspathiques : microlites de labrador et d'anorthite.

M. LACROIX a signalé les enclaves de quartz, de feldspaths divers et de sanidinites (orthose vitreuse) provenant vraisemblablement de la digestion par la coulée de projections trachitiques des toutes premières éruptions.

Il importe de signaler, en terminant, des échantillons d'andésites incrustées de fines paillettes métalliques vraisemblablement d'argent qui se trouvaient dans une carrière située au-dessus de Volvic, près du pont du Génie. Les éboulements dus à la cessation d'exploitation de la carrière ne nous ont pas permis de retrouver ces pierres incrustées.

c) CHIMIE

Dans l'ensemble, et d'après Michel IÉVY, la série des laves émises par les volcans sont des silicates alcalino granitiques méso-sodiques, méso-alumineux et ferro-magnésiens.

Dans une communication faite au Congrès pour l'avancement des Sciences tenu à Clermont, en 1877, ROUSSEL a signalé la présence de métaux rares dans les laves : de titane et de vanadium. Il a remarqué, en outre, d'après analyses faites sur des échantillons prélevés à différentes distances du cratère, que la proportion en métaux rares baissait avec l'éloignement du cratère.

On avait prétendu aussi que c'était la teneur élevée des laves en acide phosphorique qui entretenait la fertilité de la Limagne, la proportion en P^2O^5 est relativement faible. La cause de la fertilité de la Limagne semble devoir être due plutôt à l'entraînement par le vent de cendres et de roches potassiques (trachytes) et basiques riches en chaux, fer et magnésie (andésites, labradorites, basaltes). On est très au-dessous de la vérité

en évaluant à un milliard de mètres cubes la quantité de cendres entraînées (1).

Une analyse incomplète d'andésite faite par la Société de Saint-Gobain pour ses besoins indique :

Si O ²	83.50 %
Fe ² O ³ =Al ² O ³	10.55
CaO	4.18
H ² O	1.25

Une autre analyse faite par les soins de la même société (Paris, le 8 septembre 1915) indique :

Si O ²	57.73 %
Al ² O ³	19.49
Fe ² O ³	8.85
Ca O	4.65
Mg O	1.98

Enfin nous donnons les résultats de l'analyse faite par M. PISANI sur trois échantillons de lave de Volvic (2) :

	I°	II°	III°
Si O ²	62.04	57.30	61.92
Al ² O ³	20.13	24.30	19.51
Fe ² O ³	1.84	3.80	5.01
Fe O	3.47	»	»
Mg O	0.52	1.70	1.20
Ca O	4.17	3.90	4.28
Na ² O	5.47	4.30	5.63
K ² O	2.69	3.70	2.51
Densité	2.73	2.68	2.71

M. PISANI a également analysé le basalte, il a pris son échantillon dans la deuxième coulée, au puits Legay-Chevallier (3).

(1) Philippe GLANGEAUD. — *Les volcans de la région du Puy-de-Dôme*, tome II : *La chaîne des Puys*, page 59. Librairie Polytechnique, Ch. Béranger, Paris, 1913.

(2) *Ibid.*, page 92.

(3) Philippe GLANGEAUD. — *Les volcans de la région du Puy-de-Dôme*, tome II : *La chaîne des Puys*, page 94. Librairie Polytechnique, Ch. Béranger, Paris, 1913.

Voici les résultats :

Si O ²	48.75
Ti O ²	3.17
Al ² O ³	16.90
Fe ² O ³	3.50
Fe O.....	7.74
Mg O.....	5.60
Ca O.....	8.45
K ² O.....	1.77
Na ² O.....	3.37
P ² O ⁵	0.26

DEUXIÈME PARTIE

Les applications dans l'industrie

CHAPITRE V

Le sciage et l'émaillage de la pierre

Historique

Parmi toutes les industries se rapportant à l'exploitation de la lave de Volvic, le sciage et l'émaillage de cette roche si dure, présentent un intérêt particulier. Ces deux opérations ne se séparent pas, car le sciage est surtout pratiqué en vue de l'émaillage.

L'historique de la question mérite de retenir un instant notre attention.

C'est en 1827 que, pour la première fois, un céramiste français, MORTELÈQUE, chimiste à la Manufacture Nationale de Sèvres, eut l'idée d'émailler la lave. Il fit des recherches, étudia et mit au point un procédé pratique.

Vers 1830, son neveu, HACHETTE, commença réellement à produire suivant les formules de son oncle. Il émaillait en blanc des plaques de lave, les donnait aux artistes qui voulaient les décorer et les cuisait après décoration.

Au début les motifs décorateurs, seuls, intéressèrent les promoteurs de cette innovation et le seul côté artistique fut envisagé. Les surfaces à émailler étaient peu étendues, le local avait des dimensions restreintes.

Un des artistes décorateurs, nommé GILET, privé de lave à la mort de HACHETTE, en 1869, racheta le procédé et se mit à l'exploiter et à l'orienter du côté industriel.

Les archives de l'usine Saint-Martin-lès-Riom renferment des lettres du 17 octobre 1889 où il est dit que des plaques de rues fournies à la ville de Paris trente ans auparavant avaient admirablement résisté aux intempéries. Il en était de même de différents travaux exécutés pour le port de La Rochelle qui, après quarante-cinq ans de contact avec l'eau de mer, étaient aussi frais et inattaqués qu'au jour de leur pose. L'Ecole des Mines de Paris avait également des plaques émaillées datant de vingt-six ans.

Les surfaces émaillées devenant plus étendues, par suite des demandes de l'industrie, la Veuve GILET transporta son atelier à Saint-Denis, où une véritable usine fut édiflée à la Briche, et fut dirigée par les membres de la famille jusqu'en 1913. A ce moment l'usine de Saint-Martin-lès-Riom acheta l'affaire, qui marcha à Saint-Denis jusqu'à la guerre, époque à laquelle l'usine fut définitivement fermée.

La Maison GILET s'occupait également de la fabrication d'outils à affuter. Cette fabrication la conduisit à rechercher un procédé céramique d'agglomération par vitrification de produits volcaniques pulvérisés. Ainsi fut créée une nouvelle composition que la maison lança sous le nom de Lave reconstituée. Un brevet d'invention de quinze années fut pris le 29 juin 1882 par Fr. GILET, ayant pour objet une composition céramique de lave reconstituée et ses applications.

La matière première était un composé de lave finement pulvérisée mélangée à des fondants et à de l'argile en proportions convenables suivant les diverses applications. La poussière de lave fut employée de préférence à un sable quelconque parce qu'elle possédait plus d'affinités avec l'argile. D'autre part, la pierre de Volvic étant un silicate d'alumine, il y avait avantage à conserver la constitution pierreuse en se servant d'un agglomérant, plutôt que de fondre cette lave qui aurait été alors un verre blanc banal.

Simultanément aux travaux de la Maison GILET, le Comte de CHABROL, qui avait toujours pris une si grande part au déve-

loppement de la pierre de Volvic et la favorisait par tous les moyens, fit faire les premiers essais d'émaillage sur place. Mais la création proprement dite de cette industrie en Auvergne attendit quelques années encore.

Près de Riom, au lieu dit Saint-Martin, se trouvait une usine de tissage du chanvre grandement installée. La Limagne possédait autrefois d'immenses champs de chanvre. Ils se sont rarifiés de plus en plus et ont fini par disparaître totalement. Ils ont laissé à d'autres régions spécialisées, dont le sol convenait mieux à la culture de cette plante, la concentration de cette industrie.

L'usine de Saint-Martin fut fermée et c'est là, qu'en 1882, la Société des Laves de Volvic installa le sciage et l'émaillage de la pierre qui s'industrialisa progressivement et ne cessa de prospérer, sous la direction de son propriétaire, M. SEURAT.

Sciage

Les blocs extraits des carrières sont conduits à l'usine électrique de Saint-Martin. Là, ils sont transformés par des moyens mécaniques intéressants, en plaques plus ou moins épaisses.

La lave est en effet d'une dureté très grande ; elle peut même rayer le verre. Les appareils de sciage doivent donc présenter des particularités remarquables pour mener le travail à bien. D'autre part, il importe d'obtenir des surfaces absolument unies pour y étendre l'émail, car la pierre de Volvic, à moins de défectueux sciages ne présente que rarement des bouillonnements. Elle doit à son mode de formation de ne pas renfermer des lits de carrières comme les calcaires, ni des plans de clivage comme les schistes : son homogénéité est très grande.

Il existe plusieurs procédés de sciage variant avec les différents genres de travaux que l'on veut obtenir :

- 1° Sciage par lames parallèles ;
- 2° Sciage par disques au diamant ;
- 3° Sciage par disques au carborundum ;
- 4° Sciage par scie verticale.

1° Sciage par lames parallèles

Le sciage s'effectue à l'aide de lames d'acier sans dents placées parallèlement et horizontalement, par groupes variables de trente à quarante. Elles sont constamment animées d'un mouvement de va-et-vient dans le sens horizontal et linéaire. C'est en somme le procédé employé pour le sciage du marbre. Ces lames en mouvement usent par frottement le bloc à débiter. Celui-ci est placé au-dessous. On se sert comme mordant de grès de Fontainebleau pulvérisé. Pendant qu'elles effectuent leur travail, elles sont continuellement et copieusement arrosées pour éviter l'échauffement.

Ce mode de sciage est très régulier mais avance avec une extrême lenteur. Un bloc de un mètre cube est attaqué sur une profondeur de six centimètres par jour environ.

L'usure des lames est très importante ; elles doivent être renouvelées souvent.

L'épaisseur des plaques varie avec l'écartement des lames entre elles, et le minimum qui ait été atteint est de huit millimètres.

La pierre sciée par ce procédé présente des surfaces parfaitement polies et ne demande presque pas de manipulation supplémentaire avant d'être émaillée.

2° Sciage par disques au diamant

Ce procédé ne s'emploie pas pour débiter des blocs de grandes dimensions comme précédemment ; il est seulement usité pour finir les plaques travaillées par les lames.

En effet, une fois sciées dans le sens de la longueur, les plaques présentent sur leurs bords des aspérités qui les rendent tout à fait irréguliers.

Le sciage s'effectue au moyen de scies circulaires de 0 m. 50 de diamètre en acier rapide. Sur tout le pourtour du disque sont sertis, dans des bornes d'acier très résistant, des éclats de diamant d'assez grandes dimensions placés à environ dix centimètres les uns des autres.

Les plaques à finir sont disposées sur des chariots et conduites au-devant de la scie, qui tourne extrêmement vite. Pendant

toute l'opération, un violent jet d'eau refroidit les disques. Leur travail les soumet à un échauffement considérable, bien supérieur à celui supporté par les lames dans le précédent procédé.

Le sciage est rapide et en moins d'une heure six plaques de 0 m. 50 de côté et de 0 m. 05 d'épaisseur sont régularisées d'une façon parfaite.

L'usine de Saint-Martin, près Riom, possède deux scies à diamant. Il est curieux de remarquer l'usure du disque et des bornes qui laissent émerger le diamant qui reste, lui, inattaqué et inusable. Il arrive même parfois que, par suite de cette usure inégale entre les éléments constitutifs des scies que des parcelles de diamant, lâchées par leur support, tombent au cours de l'opération. Un ouvrier est spécialement affecté au tamisage des poussières provenant du sciage et récupère de cette façon les parcelles précieuses qui ont pu s'échapper.

3° Sciage par disques au carborundum

Le sciage des plaques de petites dimensions s'effectue par frottement sur de petites meules à bords effilés recouverts de carborundum, tournant à une vive allure, comme dans le sciage au diamant, et arrosées d'eau pour éviter l'échauffement.

4° Sciage par scie verticale

Un entrepreneur de Volvic a fait breveter une scie marchant à l'électricité avec engrenage et contre-poids pesant 100 kgs pour faire remonter.

Elle consiste essentiellement en une barre d'acier aplatie de huit mètres de haut, sur la longueur de laquelle sont creusées des dentures au nombre de 80 environ. On introduit dans ces dentures des burins mobiles qui accomplissent le sciage de la lave ou de tout autre objet très dur.

Ces burins, dont la composition était tenue secrète par leur inventeur, sont vraisemblablement en acier rapide au tungstène. Ils ne se forgent pas, on les affûte au moyen d'une meule émeri.

Par ce procédé, on arrive à scier des blocs de très grosse dimension, pesant jusqu'à dix tonnes. Les plaques ainsi obtenues

nues sont loin de présenter le poli et la régularité de celles façonnées par le sciage aux lames. Elles sont destinées aux gros usages industriels.

Ce mode de sciage n'a pas donné les résultats qu'attendait son auteur ; il est pratiquement inutilisé.

Voilà quels sont les différents procédés pour scier la lave de Volvic en vue de l'émaillage. Cependant, tous les travaux effectués ne le sont pas seulement en vue de cette fin ; on scie des pièces destinées à des appareils pour l'industrie, pour faire des isolateurs, des devants de foyers, etc.

Emaillage

Ce sont ses qualités de résistance exceptionnelle qui ont fait préférer la lave à tout autre support pour les travaux desquels on attend une résistance indéfinie.

Les inscriptions peintes ou émaillées sur des plaques métalliques n'ont ordinairement qu'une durée éphémère, la peinture ou l'émail n'étant pas assez adhérents au métal pour résister à l'action prolongée des intempéries.

On a cherché à y remédier par l'emploi de plaques céramiques en lave reconstituée sur lesquelles l'émail adhère mieux, mais elles sont, par elles-mêmes, trop fragiles, spongieuses et souvent gélives.

La lave, au contraire, forme un support d'une résistance remarquable et absolument inaltérable. Il se produit, en outre, pendant la cuisson, au contact de l'émail et de la lave, entre les silicates qui les composent, une combinaison si intime qu'on ne peut ensuite plus les séparer mécaniquement. L'adhérence est telle qu'il est impossible de détacher de la lave un éclat d'émail, sans qu'il arrache ou emporte un peu de lave avec lui.

Lorsque les plaques ont été sciées et régularisées, elles sont données à des tailleurs de pierre qui émoussent les bords, arrondissent les angles, en un mot les finissent.

Ce travail accompli, on effectue le polissage. L'ouvrier, avec un instrument mobile, frotte la pierre posée à plat. Il promène

sur la surface un sable fin, très dur, du sable de Fontainebleau, par exemple.

La plaque est prête pour l'émaillage. On la recouvre d'une première couche d'émail transparent et moins fusible que l'émail définitif, afin d'obturer tous les trous qui restent dans la lave.

On laisse convenablement sécher, puis on applique l'émail définitif. Celui-ci est essentiellement constitué par un silicate de plomb rendu opaque par addition d'acide stannique SnO_2 fondu, broyé en poudre impalpable et mis en suspension dans l'eau. Il est plus dur et aussi plus résistant aux réactifs chimiques que la lave elle-même, mais en même temps il est plus fusible.

Cet émail est déposé sur la plaque à l'aide d'un pinceau en couche mince sous forme d'une bouillie formée par la poudre d'émail délayée dans l'eau.

La couche d'émail une fois sèche, les plaques de lave sont disposées avec le plus grand soin dans des fours à moufle complètement clos où on les cuit, à l'abri de la flamme, en portant progressivement leur température jusqu'à 1.000° environ (rouge cerise clair) de manière que l'émail entre en fusion et conserve après refroidissement la durée et l'éclat d'une matière vitreuse.

Pendant la fusion se produit cette combinaison intime. Il n'y a plus qu'une seule et même matière dont il est impossible de séparer les éléments constitutifs. Parfois aussi, lorsque la température s'élève au-dessus du degré propice, la chaleur arrive à fondre la lave elle-même et la pièce est absolument hors d'usage. La pierre perd sa contexture pierreuse pour prendre celle du verre.

Les plaques émaillées en blanc, ainsi obtenues, sont le plus souvent utilisées pour tables de laboratoires ou applications sanitaires.

On peut aussi tracer, sur ces surfaces émaillées en blanc, des dessins, des graduations, inscriptions diverses comme sur les pièces céramiques, à l'aide de couleurs vitrifiables ou d'émaux colorés.

Ces nouveaux émaux sont de même nature que l'émail pri-

mitif ; ce sont des silicates de plomb et la coloration leur est communiquée par les mêmes composés métalliques qui servent à la coloration du verre et du cristal.

Les formules généralement employées sont les suivantes :

Pour les bleus : Oxyde de cobalt.

Pour les violets : Oxyde de cobalt et manganèse.

Pour les verts : Oxyde de cuivre et chromate de potasse.

Pour les jaunes : Chromate de potasse.

L'usine emploie des artistes décorateurs qui composent sur les plaques blanches. On laisse sécher et une nouvelle cuisson fixe d'une manière indélébile les nouveaux motifs qui ont été exécutés.

Usage de la lave émaillée

Les applications de la lave émaillée sont aujourd'hui fort nombreuses, mais là principale est sans contredit la fabrication des tables de laboratoires. Ce sont ses qualités d'inaltérabilité et de résistance exceptionnelle qui l'ont fait adopter pour ce genre de travail. La lave émaillée ne casse pas comme l'opaline au contact des objets chauds, elle peut plus facilement subir sur place les percements ou façonnages nécessaires.

Outre sa solidité, on apprécie aussi beaucoup l'aspect blanc et glacé de la lave émaillée ainsi que les grandes dimensions des panneaux qui peuvent atteindre $2,50 \times 1,50$ et $3 \text{ m.} \times 1 \text{ m.}$

Cependant, il est à remarquer que les surfaces ne sont pas absolument unies, mais présentent de petites craquelures superficielles qui ne sont pas sans avoir retenu l'attention de ceux qui possèdent des tables de laboratoires. Elles proviennent de l'impossibilité où l'on est d'obtenir pratiquement un émail aussi peu dilatable que la lave elle-même. Dans la pratique, ce craquelage ne présente aucun inconvénient par suite de l'extrême adhérence de l'émail à son support et de l'inaltérabilité de la lave elle-même.

Malgré cela le directeur actuel de l'usine de Saint-Martin eut l'idée de soumettre à la « Direction des Recherches Scientifiques, Industrielles et des Inventions », le problème pour

chercher des solutions susceptibles d'apporter une amélioration et trouver un procédé pour éviter le craquelage.

Le Laboratoire répondit : « Il résulte des recherches, que les émaux blancs tressaillent tous après un temps plus ou moins long. La lave n'étant pas une matière définie, mais au contraire une substance irrégulière et variable comme texture, il semble impossible de lui appliquer un émail sans accident. Un bon résultat d'abord obtenu peut être suivi d'accident sur un autre fragment.

Il semble donc que les expériences devraient être faites chaque fois que l'on entreprendrait l'exploitation d'une nouvelle coulée de façon à déterminer la composition d'émail en relation avec le coefficient de dilatation de son support. Quant au contre-émaillage qui aurait pu être envisagé, nous ne pensons pas qu'il soit à effectuer... »

Un fait avait été signalé qui pouvait faire douter de la non importance de ces craquelures. On avait remarqué à Toulouse que le nitrate d'argent avait attaqué l'émail au niveau des craquelures ; il n'y avait en réalité qu'efflorescence qui disparaissait après un nettoyage pour réapparaître et finir par disparaître complètement.

Les épaisseurs de ces tables sont en général de 20 à 30 mm. pour les panneaux de grandes dimensions. Moins épaisses, elles seraient trop fragiles ; plus épaisses, elles se briseraient à la cuisson.

Ces motifs n'existant pas au même degré pour les petites plaques ou tablettes, celles-ci peuvent être plus minces jusqu'à 8 mm. ou plus épaisses jusqu'à 40 mm.

Lorsqu'une table est assez épaisse, on peut y creuser des cannelures dans la masse avec pente vers un point bas ; il ne faut pas cependant qu'elles soient trop nombreuses car elles nuiraient à la solidité de la table.

Parmi les autres applications de la lave émaillée, on peut citer les échelles d'étiage hydrométriques indéfiniment lisibles, absolument à l'épreuve de la gelée la plus forte et à l'abri de toutes détériorations par l'action des eaux douces et salées.

On peut citer également les merveilleuses tables d'orientation que le Touring Club de France a fait placer sur les points

les plus pittoresques de notre pays ; les plaques isolantes et tableaux pour les stations d'énergie électriques faites en lave émaillée sont mauvaises conductrices et donnent un isolement parfait.

Citons en terminant les plaques de rues, les noms de localités pour stations de chemins de fer, cadrans d'horloges, etc.

Le bureau du directeur de l'usine de Saint-Martin renferme des panneaux artistiques du meilleur effet représentant des fleurs, des paysages des environs, tel le château de Tournœl.

CHAPITRE VI

Appareils pour la chimie industrielle

C'est surtout dans l'industrie chimique que la lave de Volvic trouve une place des plus importantes.

Cette pierre est en effet complètement inaltérable et d'une résistance absolue aux acides usuels, même concentrés et à haute température.

Des expériences ont été faites par les soins de la Société de Saint-Gobain sur la résistance de différents échantillons de lave de Volvic et du Mont-Dore. Des analyses ont mesuré l'attaque de ces échantillons par le poids de sulfates solubles contenus dans de l'acide sulfurique à différentes concentrations et chauffé pendant huit heures à 140°. Voici les résultats ramenés à 100 grammes de pierre essayée :

Pierres essayées.	Degrés des acides sulfuriques.			
	96 %	66° Bé	63° Bé	60° Bé
Pariou	1.39	1.34	1.04	1.05
Mont-Dore	1.12	0.84	0.58	0.49
Volvic	1.08	0.28	0.09	0.24

Il est donc visible de constater que parmi les trois sortes de laves essayées, celle de Volvic a donné des résultats bien plus satisfaisants, d'une façon incontestable.

On pourrait croire que la composition chimique de la lave exerce une influence quelconque sur sa résistance. Des essais

faits dans ce sens ont démontré qu'il n'y avait aucune relation possible entre cette composition et la résistance. La texture de l'andésite, l'homogénéité des cristaux qui la composent, la répartition des vacuoles paraissent jouer à cet égard un rôle bien plus important mais qu'il est extrêmement difficile de mettre en évidence.

Ces qualités de résistance aux acides ont été remarquées pour la première fois vers 1890 et c'est à partir de cette date que, délaissée pour la construction à cause de sa couleur sombre et de son prix relativement élevé, la lave de Volvic devait trouver un débouché de plus en plus important dans la construction des appareils pour l'industrie chimique.

La quantité énorme d'acide sulfurique employé aujourd'hui et surtout pendant la guerre pour la préparation des poudres eût été singulièrement difficile pour ne pas dire impossible à obtenir avec les anciens procédés de fabrication, dont l'une des phases principales devait s'accomplir dans des appareils en platine. La hausse qu'a subi le prix de ce métal eût rendu la préparation particulièrement onéreuse ; sa rareté eût même pu devenir absolument insurmontable.

Jadis, la concentration était achevée dans de grandes cornues en platine. Cette méthode mettait les appareils à un prix très élevé quand le platine valait beaucoup moins qu'aujourd'hui. Outre le coût de l'installation, il fallait tenir compte de l'usure rapide du matériel : la perte de métal précieux atteignait 8 à 9 grammes par tonne d'acide concentré. Cette perte était un peu atténuée en ajoutant au platine 10 % d'iridium, métal qui vaut environ 12.000 francs le kilo, ou en le recouvrant d'une couche d'or qu'il fallait fréquemment renouveler.

On avait essayé des cornues en verre ou en porcelaine, mais elles sont fragiles et exigent beaucoup plus de combustible que les chaudières métalliques.

Jean-Louis KESSLER, né à Boulay (ancien département de la Moselle) en 1825, est le promoteur de cette découverte qui devait révolutionner la fabrication de l'acide sulfurique : ce fut lui qui remarqua la résistance de la lave de Volvic.

Il y arriva par une étape. En 1871, après l'annexion de son

pays à l'Allemagne, il vint s'établir à Clermont-Ferrand et s'y associa avec Faure, fabricant d'acide sulfurique.

Titulaire de plusieurs découvertes telles que la gravure chimique du verre à l'acide fluorhydrique, la peinture au caoutchouc et l'Érorateur (appareil d'évaporation), il créa un appareil de concentration qui eut un immense succès. Appliquant les principes de son érorateur à la concentration de l'acide, son appareil contenait bien moins de platine que les appareils similaires antérieurs.

Au lieu de l'alambic tout en métal précieux, J.-L. KESSLER imagina un appareil composé de deux parties principales :

1° Une cloche en plomb refroidie par une double enveloppe remplie d'eau et qui recouvre

2° Une cuvette de platine qui constitue le fond de l'appareil.

La réduction du poids du platine était au moins des deux tiers et pour une production de 5.000 kilogrammes de SO_4H^2 à 94 % en 24 heures, il ne fallait plus que 12 kilogrammes de platine au lieu de 35 kilos.

Cependant en 1890, le prix du platine ayant triplé, par suite de l'accaparement effectué par d'autres industries, KESSLER n'hésita pas à faire concurrence à son propre concentrateur et il en créa un autre dans lequel il n'y avait plus de platine du tout.

Habitant Clermont, il eut l'idée d'utiliser la lave de Volvic dont les carrières étaient toutes voisines et il créa un appareil auquel lui-même et d'autres apportèrent des perfectionnements mais dont le principe fut toujours respecté.

Appareils pour acide sulfurique

Principe de la fabrication de $\text{SO}_4 \text{H}^2$

Pour mieux faire comprendre la construction et le fonctionnement des appareils, rappelons brièvement comment se fabrique l'acide sulfurique.

Les matières premières employées sont les pyrites de fer qui, calcinées dans un four, en présence de l'air dégagent de l'acide

sulfureux. Le soufre pur n'est plus guère employé que pour préparer l'acide sulfurique destiné aux usages pharmaceutiques.

Les gaz sortant des fours sont refroidis avant d'être introduits dans les chambres de plomb. On les fait traverser une tour dite « Tour de Glower » qui sert de concentrateur (acide à 52° Bé venant des chambres s'écoule au bas de la tour à 61°), de dénitreur (acide nitreux de Gay-Lussac) et de réfrigérant.

Cette tour, autrefois construite en brique siliceuse et plomb, est aujourd'hui contruite en lave de Volvic.

De la Tour de Glower, les gaz arrivent dans les chambres de plomb où le gaz sulfureux se transforme en acide sulfurique au contact de la vapeur d'eau et d'une petite quantité d'acide azotique.

Renfermant, par conséquent, des composés nitreux, cet acide doit en être débarrassé, pour les récupérer et les faire servir à nouveau et pour obtenir un acide pur. Cette opération s'effectue dans le Gay-Lussac.

Cette colonne cylindrique de 8 à 15 mètres de hauteur et de 1 mètre de diamètre intérieur est également construite en lave de Volvic et remplie de coke. Un filet d'acide dépouille les gaz des composés nitreux qui s'échappent incolores par le haut de la tour.

L'acide est dirigé sur le Glower où il est séparé définitivement des produits azotiques qui rentrent dans la fabrication en retournant dans les chambres de plomb.

A ce moment, l'acide marque 50° à 60° Baumé. On peut le concentrer davantage, en le chauffant dans des bassines de plomb, mais pas au delà de 62° Bé, car il y aurait attaque des récipients et formation de sulfate de plomb.

La lave de Volvic va permettre une concentration pouvant atteindre 98° Bé.

Appareils de concentration

Ayant eu le premier l'idée de construire un appareil de concentration en pierre de Volvic, ce fut KESSLER qui le premier le réalisa pratiquement.



APPAREIL DE CONCENTRATION FONCTIONNANT AUX
ÉTABLISSEMENTS J. TEISSET-KESSLER, A CLERMONT-FERRAND

Aujourd'hui, il y a plusieurs appareils se ramenant à deux types principaux : l'appareil Kessler et Agd et la modification de Perrin et l'appareil Gaillard.

Appareil de Kessler

Le principe de cet appareil repose sur l'emploi d'un courant de gaz surchauffés mis en contact intime avec l'acide à concentrer. Pendant ce contact, les gaz produisent l'évaporation de l'eau et l'entraînent avec eux, laissant l'acide à l'état concentré.

L'installation comprend essentiellement :

- 1° Un gazogène ;
- 2° L'appareil de concentration proprement dit composé du saturex et du récupérateur ;
- 3° Un réfrigérant pour l'acide concentré sortant du saturex ;
- 4° Un condenseur servant à filtrer les gaz sortant de l'appareil de concentration ;
- 5° Un ventilateur spécial à haute pression.

Gazogène. — Le gazogène sert à produire le courant de gaz chaud servant à évaporer l'eau contenue dans l'acide. Construit en matériaux réfractaires et en maçonnerie ordinaire, il est complètement armé. Il travaille d'une façon continue, même pendant le décrassage de la grille ou le chargement du combustible.

Ce gazogène peut être remplacé par un foyer spécial utilisant le pétrole ou le mazout.

Appareil de concentration proprement dit

Il se compose des deux parties qui nous intéressent :

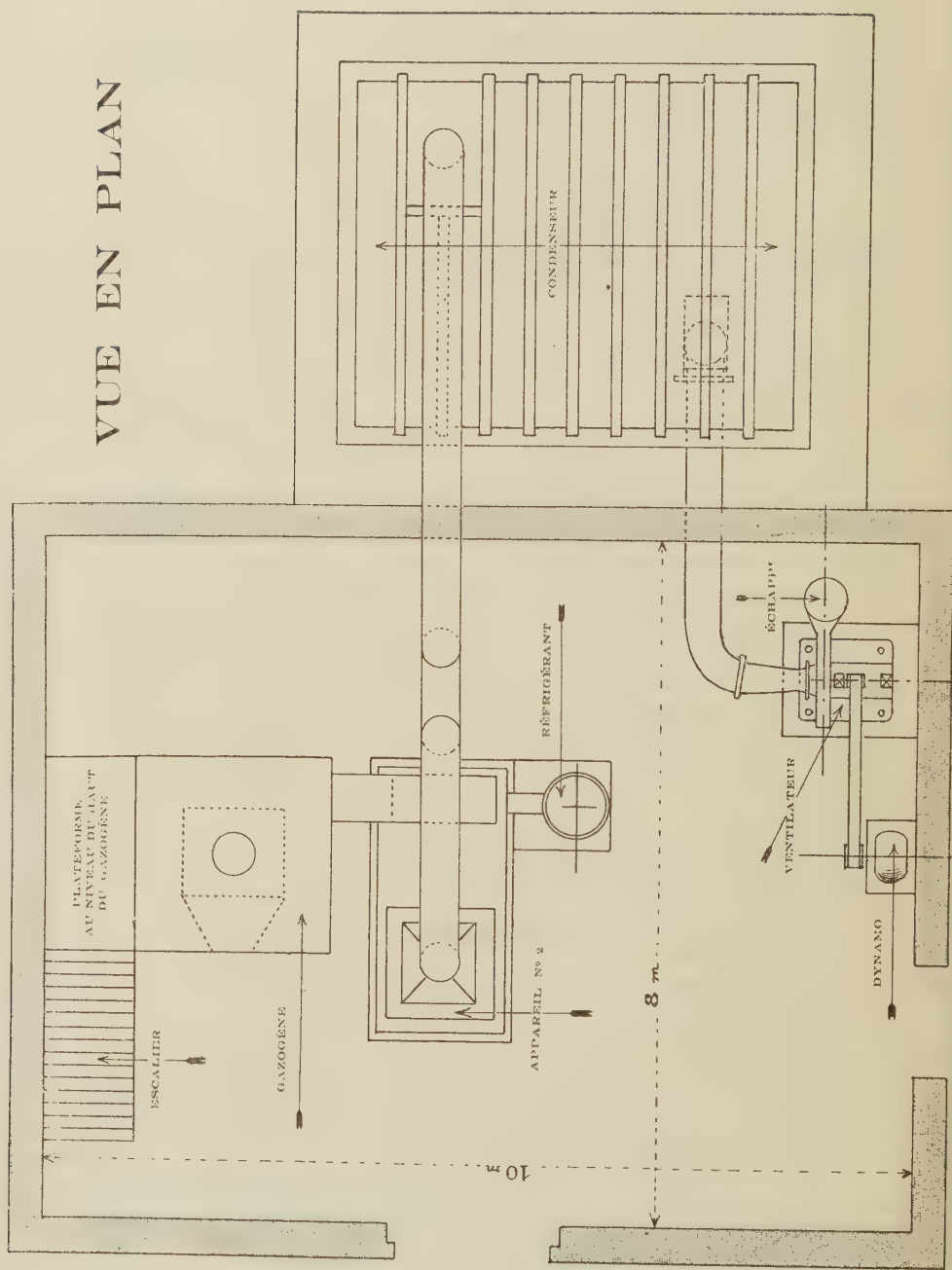
- 1° Le saturex ;
- 2° Le récupérateur.

Le saturex est l'endroit où s'effectue la saturation des gaz surchauffés provenant du gazogène et par conséquent l'évaporation de l'eau contenue dans l'acide.

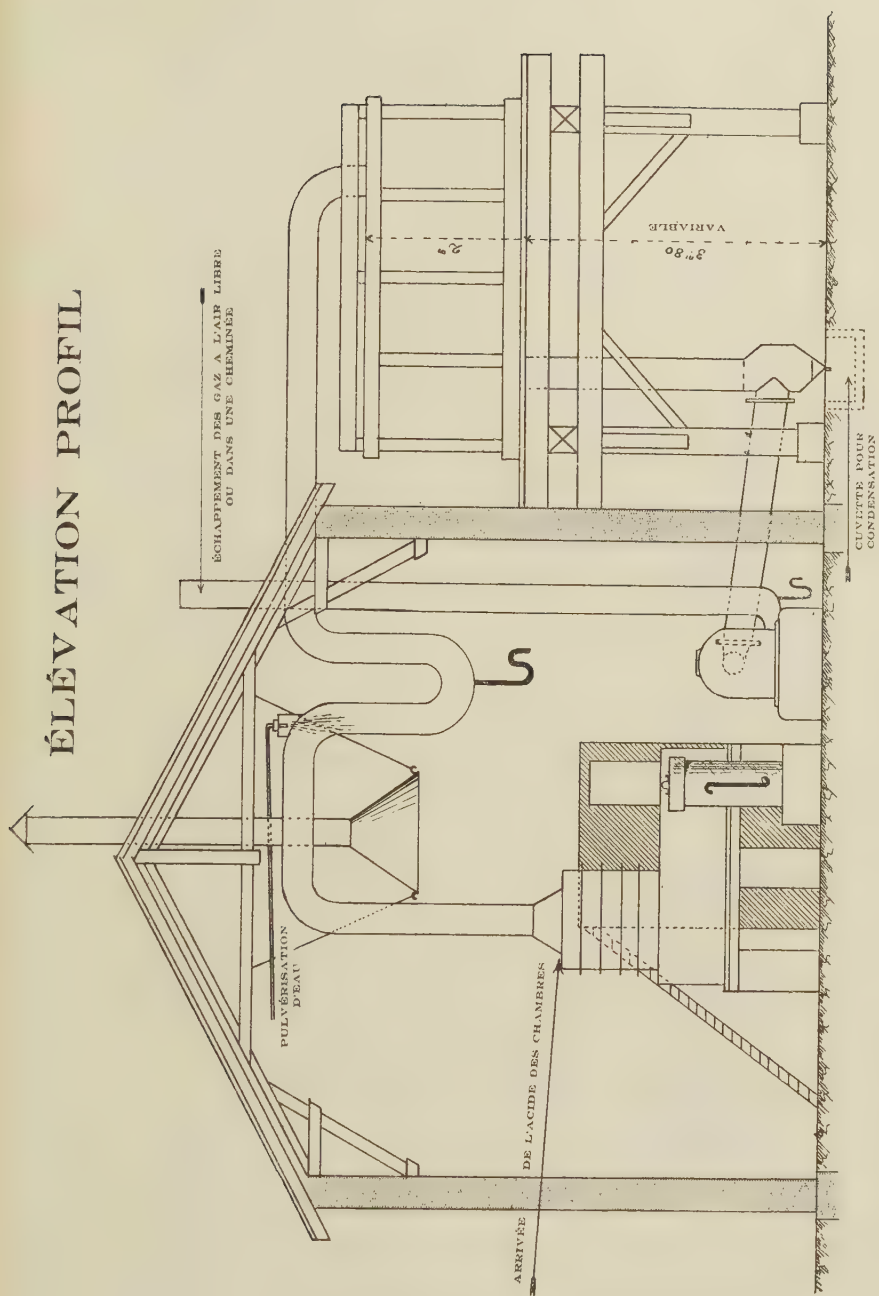
La maison KESSLER, dans son premier appareil, avait un saturex qui n'était pas du tout semblable à celui qui est employé aujourd'hui.

Les gaz arrivaient par trois canaux longitudinaux en pierre

VUE EN PLAN



ÉLÉVATION PROFIL



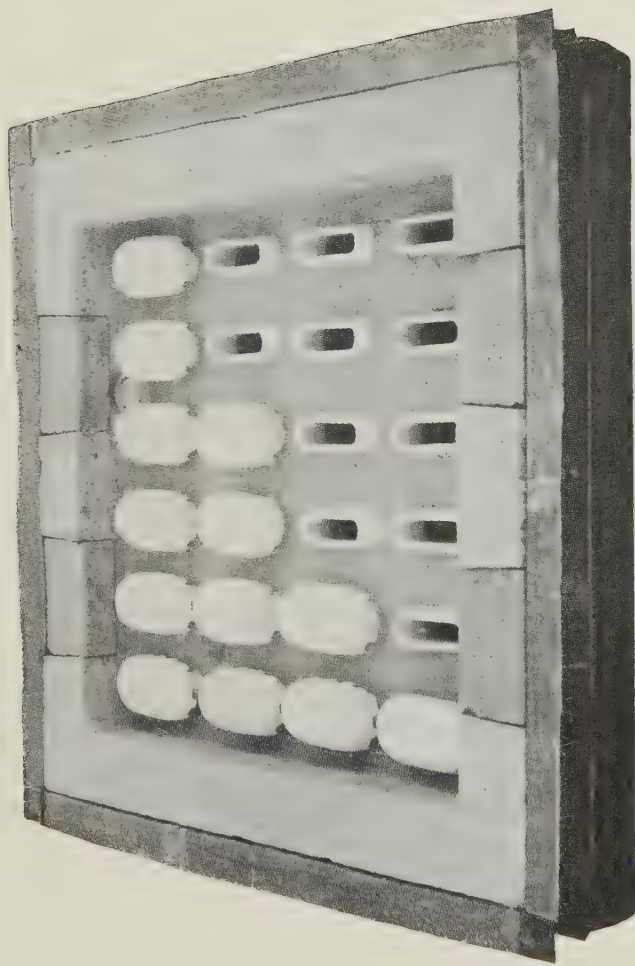
ponce pour barboter dans le bain d'acide et de là passer dans les plateaux supérieurs du récupérateur. Dans le nouveau dispositif, les ponces n'existent plus et les cloisons longitudinales sont supprimées et ont été remplacées par des barrages transversaux en pierre de Volvic. Les gaz arrivent en avant du saturex en sens inverse de l'arrivée de l'acide, ce qui assure une circulation entièrement méthodique, ils rencontrent sur leur passage des barrages transversaux successifs en pierre de Volvic qui les forcent chaque fois à lécher le bain d'acide. De là, ils se rendent dans le récupérateur comme précédemment.

Ce dispositif a des avantages multiples : le tuyau de sortie de l'acide se trouvant placé très bas et des ouvertures étant ménagées entre chaque barrage, l'enlèvement des boues et incrustations est grandement facilité et se pratique par un simple lavage après suppression d'une vanne en verre.

Les barrages en Volvic, d'autre part, ne sont point friables comme la ponce, ils peuvent s'enlever facilement et se remettre de même. De plus, lorsque la ponce était imprégnée d'acide, elle était fréquemment détériorée quand on procédait au nettoyage du saturex et son remplacement se faisait avec difficulté.

Entrés dans le saturex, les gaz s'y divisent, aiguillés dans plusieurs canaux qui n'ont de débouché qu'à leur partie inférieure. Le fond du saturex est entièrement recouvert par l'acide à concentrer étendu en nappe, et le niveau supérieur de cette nappe atteint la partie inférieure des canaux dont nous venons de parler. De cette façon, les gaz, pour passer d'une série de canaux dans une autre, sont obligés de traverser la nappe d'acide qui s'oppose à leur passage. Par ce contact intime, l'eau contenue dans l'acide est évaporée et la concentration est ainsi réalisée. (Appareil AGD.)

Le récupérateur est également entièrement construit en Volvic. Il est essentiellement constitué par des plateaux superposés au nombre de cinq généralement. Ces plateaux sont creusés et dans chacune des ouvertures sont disposées des pièces spéciales destinées à mettre les gaz venant du saturex en contact plus intime avec l'acide. Par ce contact, les particules d'acide entraînées mécaniquement par le courant de gaz sont



VUE D'UN PLATEAU
MONTRANT LA DISPOSITION DES PORCELAINES

retenues, et c'est là un fait très important parce qu'il diminue la quantité d'acide faible produite.

Ces pièces spéciales sont composées d'une calotte et de son support, elles sont en porcelaine dans le type Kessler et en métal spécial résistant aux acides dans le type AGD. (Fig. 7.)

Le récupérateur ainsi que le saturex sont entièrement recouverts et protégés par une enveloppe en plomb, soutenue par une armature en fer.

Réfrigérant. — Le réfrigérant est construit également en lave de Volvic et en plomb. Il reçoit l'acide concentré venant du saturex et le refroidit.

Condenseur. — Le condenseur, relié au récupérateur par une conduite en plomb, est une sorte de réservoir contenant du coke ou toutes autres matières analogues, disposées en couches, des granulations différentes, formant filtre.

En traversant ce filtre, les gaz provenant du récupérateur sont séparés des particules d'acide, que malgré l'interposition du récupérateur, ils entraînaient encore.

L'acide faible condensé de cette manière est mélangé à l'acide à concentrer et retourne à la concentration, tandis que les gaz débarrassés de toute trace d'acidité sont rejetés sans inconvénients dans l'atmosphère.

Ventilateur. — Le ventilateur à haute pression n'est pas le même dans les appareils Kessler ou AGD. Dans l'un et l'autre cas c'est l'instrument qui sert à faire pénétrer les gaz chauds dans tout le système et à effectuer la concentration.

Dans l'appareil primitif de Kessler, la ventilation s'obtenait au moyen d'un ou deux souffleurs à vapeur, produisant leur effet mécanique avec une grosse dépense de vapeur et une grande irrégularité ; les appareils modernes sont disposés de telle façon que toute l'installation se trouve sous l'influence de leur aspiration en sorte qu'il est impossible qu'aucune vapeur acide ne se dégage dans l'atmosphère. Les gaz conservent une vitesse toujours constante, produisant ainsi un acide à titre plus régulier.

Modification de Perrin

L'appareil Perrin est construit sur les mêmes données, et a la même physionomie extérieure et la même composition quant à la nature et au nombre des pièces constitutives.

Tout l'appareil de concentration proprement dit est différent. Le saturex est à carneau central, tout en lave de Volvic. Le récupérateur fonctionne sans porcelaine ou métal résistant aux acides. Il est composé de huit plateaux superposés, comme dans les systèmes précédents, mais au lieu d'ouvertures creusées dans la surface même des plateaux, la circulation des gaz s'effectue par des espaces laissés libres sur les côtés. Les plateaux ne vont pas jusqu'au bout et sont munis de chicanes à leur partie inférieure. Les espaces de circulation sont tantôt à droite, tantôt à gauche, et cette alternance jointe à la présence des chicanes assurent un barbotage parfait et font de l'appareil un appareil facile à entretenir et robuste.

Les constructeurs de ces différents appareils assurent une production atteignant 97 à 98 % en acide sulfurique.

Appareil Gaillard

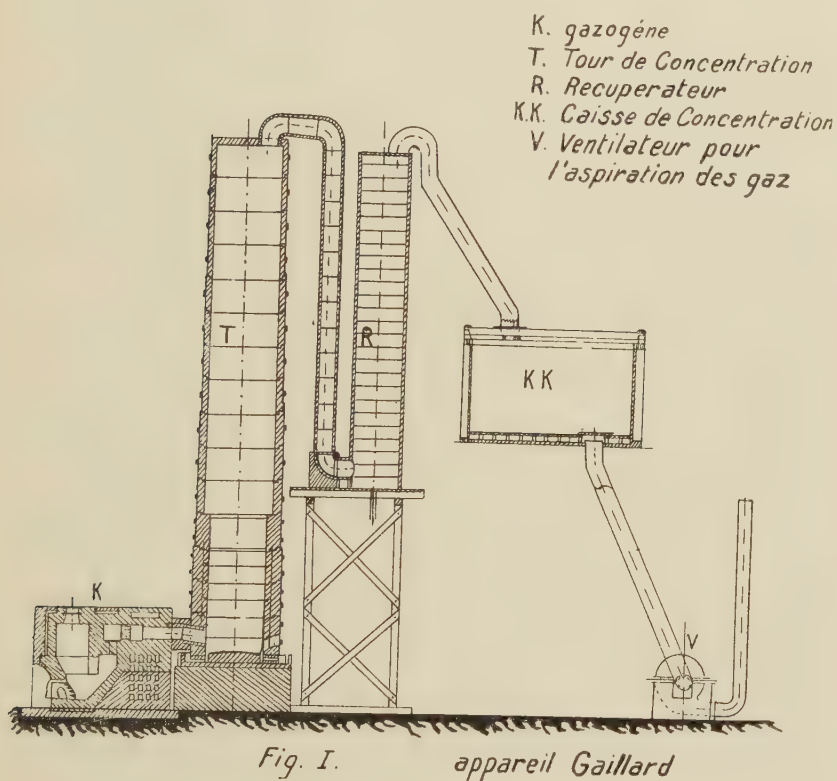
L'appareillage est constitué par :

- 1° Un gazogène ;
- 2° Une tour de concentration ;
- 3° Une tour de récupération ;
- 4° Une caisse de condensation ;
- 5° Un ventilateur.

1° *Le gazogène K* a des dimensions qui permettent de brûler 1500 kilogs de coke en vingt-quatre heures. Il est chargé toutes les deux ou trois heures avec du coke en grains d'environ 40^{mm} de grosseur. D'après une disposition du constructeur, les gaz n'ont pas besoin pendant la charge d'être évacués par la cheminée, ce qui a l'avantage de ne pas interrompre le travail de concentration. Le foyer doit être servi régulièrement et tenu toujours rempli avec du coke (environ 15 cm. au-dessous du trou). Le combustible doit être dégagé des parcelles de char-

bon non brûlées pour éviter la coloration en brun de l'acide. Il doit être en outre très sec pour la concentration à partir de 66° Bé. L'espace sur le foyer comprend la quantité de coke nécessaire pour douze heures.

2° *Tour de concentration T.* — Entièrement en lave de Volvic, cette première tour mesure trois mètres environ de



diamètre intérieur et 15 m. 40 de hauteur ; 63 tonnes de pierre entre dans sa construction.

Dans cette tour, les gaz chauds venant du gazogène entrent en contact intime avec l'acide qui ruisselle à l'état de pulvérisation et exécutent leur travail de concentration. Ils parviennent ensuite dans la seconde tour dite de récupération.

3° *Tour de récupération R.* — Cette tour a des dimensions plus restreintes, environ neuf mètres de hauteur et 1 m. 20 de diamètre. Elle est extérieurement en bois recouvert de lames de plomb. L'intérieur est entièrement constitué par un revêtement en lave de Volvic.

Dans cette tour les gaz circulent de haut en bas avant de se rendre dans une ou plusieurs caisses à coke. Cette petite tour est arrosée, elle aussi, par de l'acide pulvérisé de concentration généralement plus faible provenant par exemple de la première caisse de coke. Elle fonctionne en quelque sorte comme un récupérateur de chaleur.

La tour de concentration et celle de récupération, les tuyauteries de communication et finalement la cheminée et les caisses à coke, ventilateurs et carnaux d'évacuation peuvent être considérés comme constituant les parties d'un seul et même système dans lequel nous retrouvons à chaque instant les mêmes éléments de contact (1).

Ces éléments se présentent sous forme de deux phases distinctes : la phase gazeuse et la phase liquide.

La phase liquide comprend $\text{SO}_4 \text{H}_2$ et H_2O , la phase gazeuse comprend la vapeur de $\text{SO}_4 \text{H}_2$ et la vapeur d'eau mélangées aux gaz de combustion du coke et une petite quantité de SO_2 qui vient de la décomposition d'un peu d'acide sulfurique sous l'influence de la haute température qui règne dans la tour principale de concentration.

Nous avons donc là un système constitué par un liquide binaire et sa vapeur, laquelle est également binaire.

Les gaz inertes n'influent pas sur l'équilibre vers lequel ce système tend à l'état statique. A chaque température correspond un équilibre déterminé entre la concentration du liquide en $\text{SO}_4 \text{H}_2$ et la proportion de $\text{SO}_4 \text{H}_2$ contenue dans les vapeurs.

Dans la tour proprement dite, l'acide sulfurique injecté à la partie supérieure s'échauffe d'autant plus rapidement au

(1) M. KALTENBACH. — *Les appareils de concentration Gaillard et la précipitation des fumées*, page 2. Société de chimie industrielle, Paris.

contact des gaz chauds qu'il se trouve à un état plus finement divisé.

Chaque gouttelette de liquide pulvérisé, considérée isolément, dégage pendant sa chute une vapeur dont la concentration s'accroît (très lentement il est vrai). La partie restée liquide se concentre progressivement, pour arriver finalement au bas de la tour à une température d'environ 120° - 140° et à une concentration qui correspond à environ 93 % de $\text{SO}_4 \text{H}_2$. La température d'entrée des gaz est à ce point d'environ 850° .

Les gaz pénètrent ensuite dans la tour de récupération, ils y éprouvent un abaissement de température 1° par suite de la radiation, 2° par suite de l'injection d'acide de faible concentration. Les phénomènes qui se produisent là sont absolument identiques à ceux de la tour de concentration avec cette différence que le point de saturation des gaz peut être atteint dans la colonne même.

Cette saturation se produit à une température d'autant plus basse que la concentration des liquides injectés est elle-même plus basse mais on n'est pas maître d'abaisser cette dernière au-dessous d'une limite pratiquée, imposée par les nécessités d'alimentation de la tour de concentration.

En effet, on envoie sur la petite tour de l'acide des chambres à 66 % mélangé aux petites eaux recueillies dans une première caisse à coke et on remonte toute la production sur la tour principale en complétant avec l'acide du Glower pour que le mélange titre 70 %.

Dans ces conditions, les appareils du type Gaillard peuvent produire jusqu'à 52 tonnes d'acide à 93 % par vingt-quatre heures avec une consommation de coke de dix kilogrammes par cent grammes d'acide produit. On peut arriver également à obtenir de l'acide à 98 %.

Appareils condenseurs. — Ils sont placés directement après la petite tour et ont deux buts :

(1) M. KALTENBACH. — *Chimie et Industrie*, volume II, page 145, 1919.

1° Récupérer la plus grande partie possible de petites eaux de concentration utilisable ;

2° De purifier les gaz à évacuer par la cheminée dans la plus grande mesure du possible.

L'acide condensé dans les appareils condenseurs ou bien revient dans la tour principale ou bien se rend sur le Glover où on peut l'employer comme acide faible.

Les pierres de Volvic étant poreuses laissent suinter toujours un peu d'acide, en particulier après le premier temps de la mise en marche. A cause de cela la tour a un aspect disgracieux mais on n'a pas remarqué que pour cela sa solidité en fût diminuée et le travail de concentration affecté. L'acide concentré est presque sans couleur, on peut même l'obtenir absolument incolore par chauffage au naphte.

Appareils pour l'acide nitrique

Les procédés de fabrication de l'acide nitrique par synthèse ne permettent pas d'atteindre directement des concentrations élevées. Celui de BIRKELAND et EYDE (procédé norvégien) fournit de l'acide à 33 % environ, celui d'Ostwald BARTON, qui part de gaz nitreux plus riches, donne de l'acide à 45-50 %. Comme l'emploi principal de l'acide nitrique est la fabrication des explosifs nitrés, qui exige des concentrations élevées à 90 % environ, la question s'est posée de rechercher les meilleurs moyens pour réaliser industriellement cette concentration.

Or, il est impossible de dépasser 68 % par simple action de la chaleur. Les vapeurs nitriques émises par les acides faibles de concentrations croissantes, passent par un maximum qui correspond à 68 % de $\text{N O}_3 \text{ H}$. A cette concentration, le liquide et sa vapeur émise ont la même composition. En ce même point la température d'ébullition passe par un maximum voisin de 123° . A cette température l'acide ne peut plus se concentrer, il distille sans modification de concentration.

Aussi il faut faire deux opérations : une *préconcentration* qui amènera l'acide faible à 68 % et la *dénitration* qui nous donnera des acides à 88-90 %.

Pour ces deux opérations, la pierre de Volvic sera d'un pré-

cieux secours. La nécessité d'employer des matériaux qui résistent à la fois à l'acide nitrique et à l'acide sulfurique chauds et de concentration élevée est un problème difficile à résoudre et dont la solution a été donnée par cette nouvelle utilisation de la pierre de Volvic.

Appareil de préconcentration. — La préconcentration est une opération analogue à la séparation de l'alcool de l'eau. Elle a pour but de séparer par la chaleur les deux constituants d'un mélange liquide dont l'un bout à 100° (l'eau), l'autre à 68% bout à 123° (l'acide nitrique). Il suffirait théoriquement de trois à quatre distillations et condensations successives pour n'émettre à la sortie de l'appareil que de la vapeur d'eau.

En pratique, il n'en est pas tout à fait ainsi et la réalisation industrielle de cette opération offre de sérieuses difficultés.

L'emploi d'alambics discontinus, qui travailleraient par condensations successives, serait irrationnel ; aussi on ne saurait envisager que l'emploi de colonnes, construites de façon analogue aux colonnes de rectification.

A ce propos, il est intéressant de faire remarquer que la construction de ces colonnes, généralement aujourd'hui en Volvic, est un des chapitres les plus variés de la chimie industrielle.

Les facteurs les plus importants qui déterminent les dimensions de ces colonnes sont :

Le volume du gaz à traiter ;

Le volume du liquide ;

La température ;

La résistance admissible, c'est-à-dire la pression motrice disponible ;

La nature chimique du corps à mettre en contact.

Comme la résistance est toujours coûteuse, on cherche naturellement à la réduire au minimum.

Le plus simple est de prendre des colonnes absolument vides et d'assurer le contact intime par une pulvérisation du liquide dans le gaz. Les colonnes du système Gaillard pour la concentration de l'acide sulfurique en sont un exemple.

• La durée du contact ne peut excéder que quelques secondes,

c'est-à-dire le temps de la chute des vésicules liquides. On est donc conduit à adopter dans ces cas des colonnes de grande hauteur, c'est ce qui explique la quantité des matériaux que nous avons dit être employés dans la construction de ces tours.

Mais quand le rapport du volume de liquide à celui du gaz est grand il faut avoir recours, non plus à la pulvérisation mais à un autre mode de division du liquide et du gaz.

C'est le but des remplissages : ceux-ci agissent exclusivement par leur surface (1).

L'appareil de préconcentration se compose d'un four et d'une tour de rectification munie d'un remplissage.

Le four est un four à cuvettes disposées en cascade et s'emboîtant les unes dans les autres par des tubulures latérales qui permettent aux liquides et aux vapeurs de circuler en sens inverse. Cette cascade est divisée en deux parties dont le rôle est bien distinct. Deux cuvettes servent à chauffer l'acide depuis la température ambiante jusqu'au point d'ébullition et deux autres à fournir la chaleur de vaporisation.

La colonne de rectification est la partie principale de l'appareil ; elle se compose de deux parties bien distinctes. La partie inférieure opère la rectification ; les vapeurs nitriques venant des cuvettes sont arrosées par un courant d'acide faible. Ces vapeurs s'appauvrissent progressivement en acide nitrique au fur et à mesure de leur ascension dans la colonne. Elles ne sauraient cependant en être complètement purgées par suite du fait que l'arrosage se fait au moyen d'un acide qui émet lui-même des vapeurs nitriques, lorsqu'il est mis en présence de vapeurs à température élevée. L'acide d'arrosage suit le chemin inverse et arrive dans les cuvettes à la température d'ébullition.

La partie supérieure de la colonne, absolument séparée de la partie inférieure, a pour but de retenir les dernières traces d'acide entraîné. Pour atteindre ce résultat, il faut que l'arrosage final se fasse avec un liquide qui ne contienne plus d'acide

(1) KALTENBACH. — *Chimie et Industrie*, volume I, page 388, 1918.

nitrique : ce liquide, c'est l'eau froide. On possède là un moyen commode pour régler la température.

Ces colonnes sont entièrement construites en Volvic.

Appareil de dénitration. — La dénitration consiste à mélanger l'acide à concentrer avec un corps dont l'affinité pour l'eau est supérieure à la sienne et à distiller le mélange. Le corps employé est l'acide sulfurique et l'opération se fait dans des colonnes en Volvic à marche continue. Son remplissage doit être disposé de façon à ce qu'il ne puisse exercer une résistance trop considérable tout en assurant un contact intime entre les vapeurs et le liquide. La résistance est compensée par l'aspiration d'une pompe à vide.

La matière servant au remplissage est fréquemment du quartz pur en morceaux ; c'est une substance défectueuse par son poids, sa faible surface, mais on est obligé de s'en servir parce qu'on a affaire à des gaz et liquides particulièrement actifs et le quartz offre une grande résistance chimique et mécanique quand il est pur.

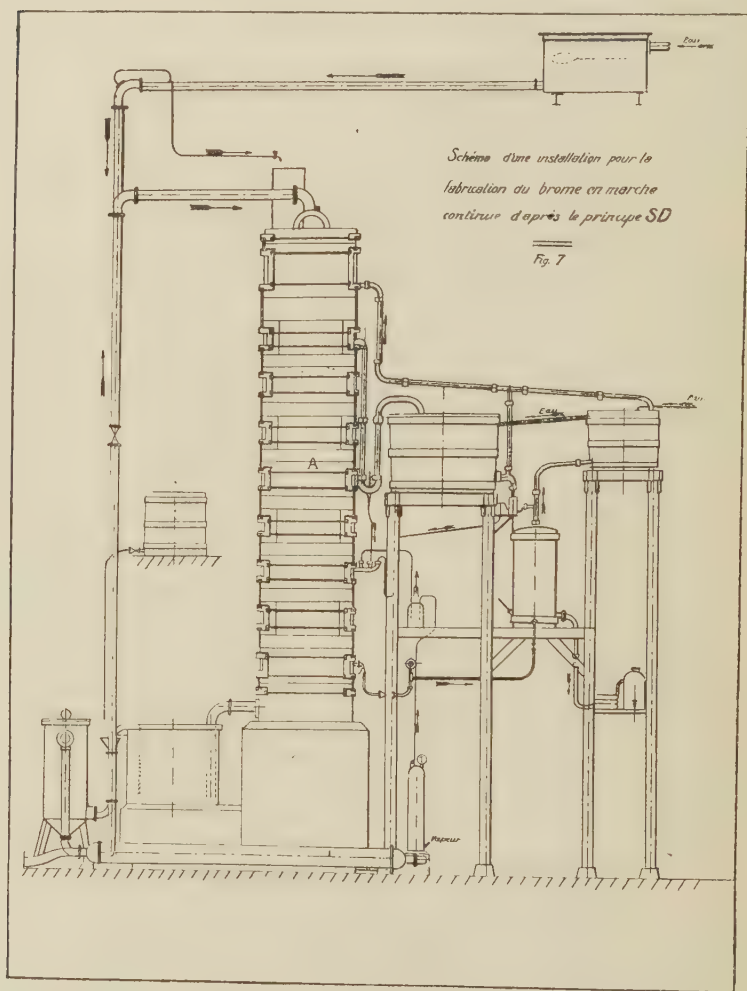
On peut également effectuer le remplissage par des barrages en Volvic disposés de manière à offrir une résistance de contact.

Un courant de vapeur est injecté à la base de la colonne et fournit l'appoint nécessaire à la distillation. L'acide nitrique se dégage au sommet après s'être déshydraté au contact de l'acide sulfurique qui descend en sens inverse. La condensation a lieu dans un système spécial analogue aux réfrigérants employés dans la fabrication de l'acide nitrique au moyen des nitrates.

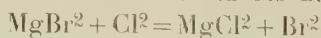
Appareil pour la fabrication du brome

La quantité de brome généralement fabriquée était minime ; il a fallu la guerre pour fabriquer ce corps en grand et industriellement. Il servait uniquement à la préparation des bromures alcalins et anesthésiques employés en pharmacie et à celle de quelques matières colorantes comme l'éosine et le bromindigo. En 1916, on s'en est servi pour préparer les gaz lacrymogènes tels que le bromure de benzyle et de xyle et le bromacétone.

Préparation. — Les eaux de la mer renferment de 0 gr. 6 à 0 gr. 7 de brome par litre, sous la forme de bromure de sodium et de magnésium. Ces bromures se concentrent dans



les eaux mères provenant de la cristallisation du sel marin. Lorsqu'on traite ces eaux par le chlore, il se développe une coloration rouge due à la mise en liberté du brome :



Bien qu'il y ait là une source inépuisable de brome, les eaux

mères des marais salants ne sont pas utilisées pratiquement pour la fabrication du brome. La majeure partie provient des eaux résiduelles du traitement du chlorure de magnésium de Stassfurt en Allemagne et de certaines sources salées de l'Amérique du Nord. En 1916, quand nos besoins en brome furent plus pressants, on mit en exploitation près de Sfax, en Tunisie, les eaux de lacs salés riches en brome et l'on se servit également des eaux mères des marais salants.

Appareil Kaltenbach. — Cet appareil repose sur le principe de Kubierschky ou principe de la Superposition des Densités, en abrégé S. D. Ce principe consiste à diviser la colonne où s'opère la réaction en compartiments dans lesquels le fluide plus léger, venant d'en bas, arrive toujours au-dessus du fluide le plus lourd qui a déjà subi pendant plus longtemps l'action du liquide réagissant.

La figure représente un appareil continu pour la fabrication du brome en partant des eaux mères des marais salants.

La réaction se fait dans une colonne en Volvic disposée intérieurement d'après le principe S. D. Elle se compose essentiellement d'un revêtement renfermant des plaques en lave sciée d'une faible épaisseur, environ 2 à 3 cm., et percée de trous circulaires de 2 cm. de diamètre. Les eaux mères amenées à la partie supérieure tombent en cascade sur ces barrages en lave et rencontrent un courant de chlore gazeux amené par des canalisations spéciales. Les plaques percées de trous servent de chicanes et déterminent une circulation méthodique du liquide qui est maintenu en ébullition à l'aide d'un courant de vapeur.

Si l'on se rappelle que la densité de vapeur du brome est environ dix fois plus élevée que celle de la vapeur d'eau, on comprendra qu'il y ait là un cas où l'application du principe S. D. s'impose avec une évidence toute particulière.

Autres appareils pour l'industrie chimique

Appareil pour le chlore. — On employait, autrefois surtout, la réaction de Scheele pour la fabrication industrielle du chlore.



On utilisait alors des caisses parallépipédiques construites en lave où se produisait la décomposition de l'acide chlorhydrique par le bi-oxyde de manganèse avec chauffage à la vapeur.

La lave est également employée aujourd'hui pour la construction des appareils recevant le gaz chlorhydrique chaud et humide.

La poudre de Volvic

En terminant, il convient de signaler une nouvelle application de la pierre de Volvic.

On pulvérise les éclats de pierre provenant du dégrossissement des blocs pour en faire une poussière que l'on tamise soigneusement. Parfois même on tamise les sols des chantiers de taille directement pour la même fin.

La pulvérisation se fait d'une façon primitive car les besoins ne sont pas très grands pour nécessiter une installation moderne à grand rendement. Les antiques meules des moulins sont employées pour broyer les éclats et des tamis métalliques animés d'un mouvement de va et vient dans le sens horizontal donnent la poussière comme il la faut.

Cette poudre, délayée dans du silicate de soude ou de potasse, sert à faire un ciment qui est employé pour réunir différentes pièces qui forment les revêtements intérieurs des Glovers et Gay Lussac et les joints de tous les appareils dont nous avons parlé.

Vu et bon à imprimer :

Nancy, le 29 mai 1923.

Le Doyen de la Faculté de Pharmacie,

BRUNTZ.

Vu et permis d'imprimer :

Nancy, le 30 mai 1923.

Le Recteur de l'Académie,

Ch. ADAM,

Membre de l'Institut.

IMP M. COLIN, 11, RUE DES QUATRE-ÉGLISES, NANCY.
